

**DIKTAT**

# **BIOLOGI SEL**

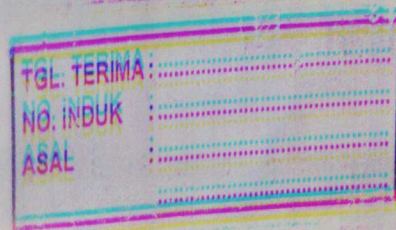
**DISUSUN OLEH:**

**RAHMADINA, M.Pd**

**NIDN: 2023058602**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**





## SURAT REKOMENDASI

### KATA PENGANTAR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Husnarika Febriani, S.Si., M.Pd  
NIP: 19830205201101 2 008  
Pangkat/ Gol. : Lektor/III c  
Unit Kerja : Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara  
Medan

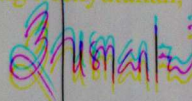
menyatakan bahwa diktat saudara

Nama : Rahmadina, M.Pd  
NIDN : 2023058602  
Pangkat/ Gol. : Asisten Ahli / III b  
Unit Kerja : Program Studi Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara  
Medan  
Judul Diktat : Biologi Sel

Telah memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah (Diktat) dalam mata kuliah Biologi Sel pada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.  
Demikianlah rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, 11 April 2018

Yang Menyatakan,



Husnarika Febriani, S.Si., M.Pd  
NIP. 19830205201101 2 008



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT atas berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyelesaikan penulisan diktat ini dengan judul “**Biologi Sel**”. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Muhammad SAW beserta kerabat, sahabat, para pengikutnya sampai akhir zaman yang telah membawa manusia dan seisi alam dari kegelapan ke cahaya sehingga kita menjadi manusia beriman, berilmu, dan tetap beramal shaleh agar menjadi manusia yang berakhlak mulia.

Penulisan diktat ini bertujuan untuk melengkapi persyaratan pengusulan kenaikan pangkat di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan. Diktat ini juga diharapkan dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan, khususnya bagi mahasiswa/i yang mengemban ilmunya di Prodi Biologi dan umumnya dalam instalasi Perguruan Tinggi di UIN Sumatera Utara dalam ranah nilai-nilai keislaman yang terpadu dalam proses pembelajaran.

Dalam penulisan diktat ini, saya sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang perlu dalam perbaikan, sumbangan pemikiran yang membangun sangat penulis harapkan dari rekan-rekan sejawat terutama dari dosen-dosen senior yang terhimpun dalam mata kuliah serumpun. Juga usulan dari para pengguna bahan ajar ini terutama mahasiswa Biologi; semoga konten pembelajaran ini dapat diperkaya melalui evaluasi secara terus - menerus. Atas segala perhatian yang telah diberikan, penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 11 April 2018  
Penulis

**Rahmadina, M.Pd**  
**NIDN.2023058602**



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT atas berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyelesaikan penulisan diktat ini dengan judul "Biologi Sel". Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Muhammad SAW beserta kerabat, sahabat, para pengikutnya sampai akhir zaman yang telah membawa manusia dan seisi alam dari kegelapan ke cahaya sehingga kita menjadi manusia beriman, berilmu, dan tetap beramal shaleh agar menjadi manusia yang berakhlak mulia.

Penulisan diktat ini bertujuan untuk melengkapi persyaratan pengusulan kenaikan pangkat di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan. Diktat ini juga diharapkan dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan, khususnya bagi mahasiswa/i yang mengemban ilmunya di Prodi Biologi dan umumnya dalam instalasi Perguruan Tinggi di UIN Sumatera Utara dalam ranah nilai-nilai keislaman yang terpadu dalam proses pembelajaran.

Dalam penulisan diktat ini, saya sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang perlu dalam perbaikan, sumbangan pemikiran yang membangun sangat penulis harapkan dari rekan-rekan sejawat terutama dari dosen-dosen senior yang terhimpun dalam mata kuliah serumpun. Juga usulan dari para pengguna bahan ajar ini terutama mahasiswa Biologi, semoga konten pembelajaran ini dapat diperkaya melalui evaluasi secara terus-menerus. Atas segala perhatian yang telah diberikan, penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 11 April 2018  
Penulis

**Rahmadina, M.Pd**  
**NIDN:2023058602**



## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
BAB I: Pendahuluan .....	1
BAB II: Organisasi Sel .....	4
2.1 Organisasi Subsel (Virus) .....	4
2.2 Sel Prokariotik .....	8
2.3 Sel Eukariotik .....	11
2.4 Sel Tumbuhan dan Sel Hewan .....	22
Kerja Ilmiah .....	31
Glosarium .....	35
BAB III: Organela .....	36
3.1 Struktur dan Fungsi Organela .....	36
3.2 Interdependensi Organel .....	46
Pilihan Ganda .....	49
Essay .....	51
Glosarium .....	52
BAB IV: Sistem Membran .....	53
4.1 Aspek Kimia Membran (model Mosaik Cair) .....	53
4.2 Membran Plasma dan Transpor transmembran .....	69
4.3 Membran Internal .....	73
Pilihan Ganda .....	76
Essay .....	77
Glosarium .....	78
BAB V: System Transduksi energy .....	80
5.1 Mitokondria .....	80
5.2 kloroplas .....	92
5.3 Biogenesis Mitokondria dan Kloroplas .....	95
Pilihan Ganda .....	98
Essay .....	99
Glosarium .....	99
BAB VI: Nukleus Pusat pengaturan Sel .....	100
6.1 Pengertian Nukleus .....	100
6.2 Kromosom .....	103
6.3 DNA .....	106
6.4 GEN .....	107
6.5 Ekspresi gen .....	109
6.6 Pengaturan ekspresi gen .....	113
6.7 Replikasi gen .....	121
6.8 Nukleolus .....	123
Pilihan Ganda .....	126
Essay .....	128
Glosarium .....	129
BAB VII: Interaksi Sel dengan Sel .....	130
7.1 Interaksi jarak dekat Adhesi sel dengan sel .....	130
7.2 Interaksi jarak jauh mediator kimia lokal .....	134
Kerja Ilmiah Percobaan .....	140
Glosarium .....	141
BAB VIII: Dari Sel ke Organisasi Multisel .....	142
8.1 Pengertian Organisme Sel .....	142



## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi .....	ii
BAB I: Pendahuluan .....	1
BAB II: Organisasi Sel .....	4
2.1 Organisasi Subsel (Virus) .....	4
2.2 Sel Prokariotik .....	8
2.3 Sel Eukariotik .....	11
2.4 Sel Tumbuhan dan Sel Hewan .....	22
Kerja Ilmiah .....	31
Glosarium .....	35
BAB III: Organela .....	36
3.1 Struktur dan Fungsi Organela .....	36
3.2 Interdependensi Organel .....	46
Pilihan Ganda .....	49
Essay .....	51
Glosarium .....	52
BAB IV: Sistem Membran .....	53
4.1 Aspek Kimia Membran (model Mosaik Cair) .....	53
4.2 Membran Plasma dan Transpor transmembran .....	69
4.3 Membran Internal .....	73
Pilihan Ganda .....	76
Essay .....	77
Glosarium .....	78
BAB V: System Transduksi energy .....	80
5.1 Mitokondria .....	80
5.2 kloroplas .....	92
5.3 Biogenesis Mitokondria dan Kloroplas .....	95
Pilihan Ganda .....	98
Essay .....	99
Glosarium .....	99
BAB VI: Nukleus Pusat pengaturan Sel .....	100
6.1 Pengertian Nukleus .....	100
6.2 Kromosom .....	103
6.3 DNA .....	106
6.4 GEN .....	107
6.5 Ekspresi gen .....	109
6.6 Pengaturan ekspresi gen .....	113
6.7 Replikasi gen .....	121
6.8 Nukleolus .....	123
Pilihan Ganda .....	126
Essay .....	128
Glosarium .....	129
BAB VII: Interaksi Sel dengan Sel .....	130
7.1 Interaksi jarak dekat Adhesi sel dengan sel .....	130
7.2 Interaksi jarak jauh mediator kimia local .....	134
Kerja Ilmiah Percobaan .....	140
Glosarium .....	141
BAB VIII: Dari Sel ke Organisasi Multisel .....	142
8.1 Pengertian Organisme Sel .....	142



## BAB I PENDAHULUAN

Biologi sel atau dikenal dengan sebutan "Sitologi" yang berasal dari Bahasa Yunani "kytos" yang berarti "wadah" merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang sel dan merupakan salah satu cabang dari Biologi. Hal yang dipelajari dalam biologi sel mencakup sifat = sifat fisiologis sel seperti struktur dan organel yang terdapat di dalam sel, lingkungan dengan interaksi sel, daur hidup sel, pembelahan sel dan fungsi sel (fisiologis sel), hingga kematian sel. Hal tersebut dipelajari baik pada skala mikroskopik maupun skala molekular, dan sel biologi meneliti baik organisme bersel tunggal seperti bakteri maupun sel terspesialisasi di dalam organisme multisel seperti manusia.

Biologi sel disebut juga dengan "sitologi" berasal dari bahasa Yunani yaitu kytos yang artinya "wadah" merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang sel dan merupakan salah satu cabang dari biologi. Hal yang di pelajari dalam biologi sel mencakup sifat-sifat fisiologi sel seperti struktur dan bagian-bagian yang terdapat di dalam sel. Interaksi sel dengan lingkungan nya, seperti daur hidup sel, pembelahan sel, dan fungsi sel, hingga kematian sel. Hal itu dapat dipelajari pada skala mikroskopik dan skala molekuler, dan sel biologi meneliti baik organisme multi sel seperti manusia.

Pengetahuan akan komposisi dan cara kerja sel merupakan hal mendasar bagi semua bidang Ilmu Biologi. Pengetahuan akan persamaan dan perbedaan di antara berbagai jenis sel merupakan hal penting khususnya bagi bidang biologi sel dan Biologi. Persamaan dan perbedaan mendasar tersebut menimbulkan tema pemersatu, yang memungkinkan prinsip = prinsip yang dipelajari dari suatu sel diekstrapolasikan dan digeneralisasikan pada jenis sel lain.

Pada tahun 1665, Robert Hooke mengamati sayatan gabus dari batang Quercussube menggunakan mikroskop. Ia menemukan adanya ruang = ruang kosong yang dibatasi dinding tebal dalam pengamatannya. Robert Hooke menyebut ruang = ruang kosong tersebut dengan istilah cellular yang artinya sel. Sel yang ditemukan Robert Hooke merupakan sel = sel gabus yang telah mati. Sejak penemuan itu, beberapa ilmuwan berlomba untuk mengetahui lebih banyak tentang sel.



Pada tahun 1665, Robert hooke mengamati sayatan gabus dari batang *Quercussube* menggunakan mikroskop. Dia menemukan adanya ruang-ruang kosong dalam pengamatan nya. Robert hooke menyatakan ruang-ruang kosong itu dengan sebutan *Celluler* yang berarti sel. Robert hooke menemukan sel-sel gabus yang telah mati. Dari pernyataan nya itu, ilmuan-ilmuan yang lainnya berusaha untuk mengetahui lebih banyak lagi tentang sel.

Ilmuwan Belanda bernama Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) merancang sebuah mikroskop kecil berlensa tunggal. Mikroskop itu digunakan untuk mengamati air rendaman jerami. Ia menemukan organisme yang bergerak-gerak di dalam air, yang kemudian disebut bakteri. Antonie van Leeuwenhoek merupakan orang pertama yang menemukan sel hidup.

Antonie van Leewenhoek (1632-1723) membuat mikroskop sederhana berlensa tunggal. Mikroskop tersebut digunakan untuk mengamati air rendaman jerami. Dia menemukan organisme yang bergerak-gerak dalam air, dan itu disebut bakteri. Antonie van Leewenhoek adalah orang yang pertama kali menemukan sel hidup.

Perkembangan penemuan tentang sel mendorong berkembangnya persepsi tentang sel. Dari sinilah kemudian lahir teori = teori tentang sel. Penemuan perkembangan tentang sel mendorong untuk berkembang nya pendapat tentang sel. Dari sinilah muncul teori-teori tentang sel.

Walaupun biologi modern merupakan perkembangan yang relative baru, ilmu yang terkait sudah dipelajari dari masa lampau. Filsafat alam dapat ditemui di peradaban Mesopotamia, Mesir, India, dan Tiongkok. Namun, pendekatan biologi modern berasal dari masa Yunani Kuno. penelitian kedokteran dapat ditilik ke masa Hippocrates (460 SM = 370 SM). Aristoteles (384 SM = 322 SM) merupakan salah satu tokoh yang paling berjasa dalam mengembangkan biologi. Salah satu karya terpentingnya adalah *Historia Animalium*, dan beberapa karya lain yang menunjukkan cara pandang seorang peneliti alam, serta karya-karya empirisnya yang mencoba mempelajari sebab = akibat biologis, dan keanekaragaman hayati. Penerus Aristoteles di Lyceum, yaitu Theophrastus, menulis buku-buku tentang botani yang berpengaruh hingga ke Abad Pertengahan.

Ilmuwan Islam abad pertengahan yang mempelajari biologi meliputi al-Jahiz (781-869), Ad-Dinawari (828-896), yang menulis tentang botani, Danar Razi (865-925), yang menulis tentang anatomi, dan fisiologi. Kedokteran dipelajari berdasarkan tradisi filsuf Yunani, sementara ilmu alam sangat dipengaruhi oleh pemikiran Aristoteles, terutama perihal hierarki kehidupan.

Ilmuwan islam yang mempelajari tentang biologi Al-Jahis (781-869), Ad-Dinawi (828-896) yang menulis tentang botani, Danar Razi (865-925) yang menulis tentang fisiologi. Ilmu kedokteran dipelajari mulai dari tradisi filsuf Yunani, sedangkan ilmu alam dipengaruhi oleh pemikiran aristoteles, terutama perihal hierarki kehidupan.

Sel merupakan unit struktual dan fungsional terkecil penyusun tubuh makhluk hidup. Sel juga merupakan masa protoplasma berbatas membran dengan sistem organisasi yang sangat kompleks. Berikut sejarah perkembangan teori sel:

- **Marcello Malpighi** (1628-1694), ilmuwan dan dokter italia mempelajari struktur = struktur tumbuhan dan hewan.
- **Anthony van leewenhoek** (1632-1723), orang pertama yang menemukan mikroskop dan meneliti organisme protozoa dan forifera.
- **Robert Hooke** (Inggris, 1665) meneliti sayatan gabus di bawah mikroskop, hasil pengamatannya ditemukan rongga = rongga yang disebut sel.
- **Hanstein** (1880), menyatakan bahwa sel tidak hanya berarti cytos.
- **Felix durjain** (Prancis, 1835) meneliti beberapa jenis hidup dan menemukan isi dalam rongga sel tersebut yang penyusunnya disebut "sarcode"
- **Mathias Schleiden** (ahli Botani) dan Theodore (ahli zoologi) tahun 1838 menemukan kesamaan yang terdapat pada struktur tumbuhan dan hewan.
- **Robert Brown** (Scotlandia, 1831) menemukan benda kecil yang melayang = layang pada protoplasma yaitu inti sel.
- **Max shultze** (1825-1874) adalah seorang ahli anatomi, dia mengemukakan bahwa sel merupakan kesatuan fungsional makhluk hidup



## BAB II ORGANISASI SEL

### 2.1 Organisasi Subsel ( Virus )

Virus merupakan salah satu jasad renik yang memiliki ukuran mikroskopik yang menginfeksi sel organisme secara biologis. Virus hanya dapat berkembang biak didalam makhluk hidup dengan menginvasi dan pemanfaatan selinang sebab virus tidak memiliki alat reproduksi yang lengkap untuk bereproduksi sendiri.

Dalam makhluk hidup virus merupakan parasit yang tidak dapat hidup di luar selinang, virus di luar selinangnya menjadi tak berdaya. Biasanya virus mengandung sejumlah kecil asam nukleat (DNA atau RNA, tetapi tidak kombinasi keduanya) yang diselubungi semacam bahan pelindung yang terdiri atas protein, lipid, glikoprotein, atau kombinasi ketiganya.

Para penemu virus antara lainnya D. Iwanoski tahun 1892 pada tumbuhan tembakau diteruskan oleh M. Beijerinck (1898), Löffler dan Froese (1897) dapat memisahkan virus yang menyebabkan penyakit mulut dan kaki (foot and mouth diseases), Reed (1900) berhasil menemukan virus yang menyebabkan penyakit kuning (yellow fever), Twort dan Herelle (1917) penemu Bakteriofage, Wendell M. Stanley (1935) bisa mengkristalkan virus mosaik pada tumbuhan tembakau. Ilmu tentang virus terus meluas sampai lahir ilmu cabang biologi yang mempelajari tentang virus disebut dengan *virology*.

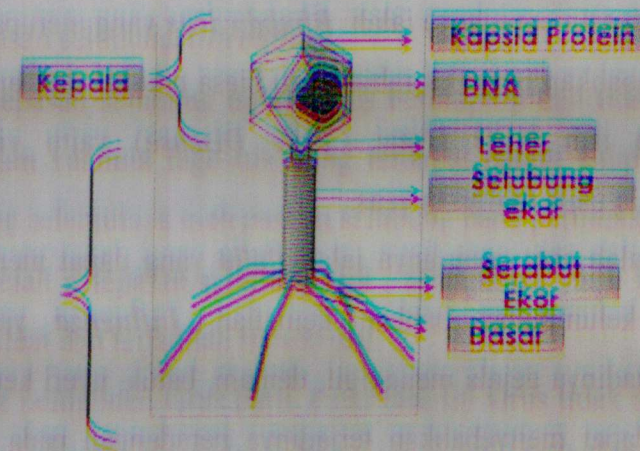
Struktur virus secara umum kita gunakan bakteriofage (virus T), strukturnya terdiri dari:

#### 1. Kepala

Kepala virus berisi DNA dan bagian luarnya diselubungi kapsid. Selubung yang terdapat protein disebut kapsid-kapsid.

#### 2. Kapsid

Kapsid merupakan selubung yang berupa protein. Kapsid terdiri atas kapsomer. Kapsid terdapat pada protein dan monomer pada rantai polipeptida. Fungsi kapsid untuk memberi bentuk virus sekaligus sebagai pelindung virus dari kondisi lingkungan yang merugikan virus.



Gambar: 2.1 Virus

### 3. Isi tubuh

Bagian isi tersusun atas asam inti, yakni DNA saja atau RNA saja. Bagian isi yaitu virion. DNA atau RNA merupakan materi genetik yang isinya pembawa kode-kode sifat gen virus. Berdasarkan isi yang dikandungnya, virus dapat dibedakan menjadi virus DNA (virus T, virus cacar) dan virus RNA (virus influenza, HIV, H<sub>3</sub>N<sub>1</sub>). Selain itu di dalam isi virus terdapat beberapa enzim.

### 4. Ekor

Ekor virus merupakan suatu alat yang berfungsi agar virus dapat menempel pada inangnya. Ekor virus terdiri dari tubuh tersumbat yang memiliki benang atau serabut. Ada beberapa virus yang dapat menginfeksi sel eukariotik yaitu virus yang tidak memiliki ekor.

### A: Klasifikasi virus

Para ahli virus mengelompokkan virus berdasarkan aspek-aspek tertentu, yaitu:

1. Berdasarkan jenis inang yang diinfeksi, seperti:

a) **Virus tanaman**, salah satu contohnya ialah: *Tobacco mosaic virus (TMV)* yang menyerang daun pada tanaman tembakau dan *Potato Yellow dwarf virus* (virus kentang kuning) yang menyebabkan terjadinya belang = belang berwarna kuning pucat pada bagian daun kentang dan bagian tulang daunnya.



- b) **Virus hewan**, salah satu contohnya ialah: **Rhabdovirus** yang merupakan virus yang dapat menyebabkan penyakit rabies atau biasa dikenal dengan penyakit gila pada anjing dan NCD (**New Castle Disease**) yaitu virus yang menyebabkan tetelo pada hewan unggas.
- c) **Virus manusia** salah satu contohnya ialah **Polio** yang dapat menyebabkan sulit bernapas, kelumpuhan bahkan kematian, **Influenza** yang dapat menyebabkan terjadinya gejala menggigil, demam, batuk, nyeri kepala berat, **Hepatitis** yang dapat menyebabkan terjadinya peradangan pada hati agen penyebab infeksi, **AIDS** yang dapat menyerang sistem kekebalan tubuh, dan **SARS** yang dapat menimbulkan penularan pada penapasan.
- d) **Virus bakteri** salah satu contohnya ialah **Bakteriophage T4** yang dapat menyerang bakteri *Eschericia coli* (E.coli).

## II. Berdasarkan jenis asam nukleat yang dikandung oleh virus:

- a) **Virus RNA**, salah satu contohnya ialah virus influenza, virus HIV dan corona virus (virus SARS) :
- b) **Virus DNA**, salah satu contohnya ialah poxvirus, herpesvirus dan adenovirus

## B. Replikasi Virus

Tahapan-tahapan Replikasi Virus:

### a. Perlekatan (*Attachment*)

- Proses perlekatan virus pada sel yg peka  $\phi$  merupakan tahap pertama dari infeksi.
- Pada virus perlu adanya reseptor dalam membrane sel.

### b. Penetrasi (*Penetration*)

- **Endositosis** membantu membawa molekul masuk ke dalam sel.
- **Fusi dengan membran plasma**. Virus beramplop mempunyai glikoprotein yang dapat menyatu dengan membran sel, kemudian nukleokapsid dilepas langsung ke dalam sitoplasma.

### e. Pelepasan selubung (*Uncoating*)

- Pelepasan selubung untuk virus beramplop dan tidak beramplop terjadi di dalam vakuola fagositik yang terdapat dalam sitoplasma. Virus influenza yang selanjutnya melepaskan selubung pada permukaan sel.
- Setelah pelepasan selubung tadi ; selanjutnya yaitu virus melepaskan asam nukleat dan terjadilah transkripsi.

### d. Sintesa komponen virus baru, Pada fase ini virus tidak dalam bentuk infeksius sampai terbentuk virion baru dalam sel menuju fase eklipsis.

### e. Perakitan (*Assembly*), merupakan tahap perakitan komponen virus.

- Perakitan (*Assembly*), yaitu tahap dimana kapsid yang semulanya terpisah dari kepala dan ekor dirakit menjadi bentuk virus yang seutuhnya.
- Setelah protein viral dan asam nukleat disintesis terpisah selanjutnya dilakukan perakitan.
- Perakitan umumnya berlangsung di dalam: **Inti sel** (virus DNA) dan **Sitoplasma** (virus RNA).
- Setelah virus dirakit berbentuk partikel virus baru dan diikuti dengan proses pematangan.
- Bila protein viral dan asam nukleat yang baru terbentuk tidak bergabung secara normal terbentuk virus inkomplet atau cacat atau kadang-kadang menghasilkan suatu infeksi yg abortif (terjadi hambatan dlm perkembangan).

### f. Proses pelepasan virus terjadi secara :

- **Budding** (penguncupan) pada virus beramplop.
- Kematian dan disintegrasi sel pada virus tidak beramplop.
- Reproduksi Virus

## Tahapan :

### a: Daur litik

Tahapan reproduksi pada virus umumnya terdiri dari tujuh langkah, yaitu :

- 1) **Adsorpsi** (penempelan) dari partikel virus (virion) pada sel inang yang sesuai.



- 2) **Penterasi** (injeksi) yang berasal dari virion atau asam nukleat virus ke dalam sel inang.
- 3) Tahap awal replikasi dari asam nukleat virus, dalam peristiwa ini mesin biosintesa sel inang mengambil alih untuk dimulainya sintesa asam nukleat virus, pada tahap ini enzim = enzim virus mulai dihasilkan dan disebut **Tahap Eclipse**.
- 4) Replikasi oleh asam nukleat virus.
- 5) Sintesis yang berasal dari protein sub unit dan dari mantel virus.
- 6) Perakitan oleh asam nukleat dan protein sub unit sehingga komponen membrane virus bermembran kedalam partikel virus.
- 7) Partikel virus yang sudah matang dilepaskan dari sel (lisis).

#### b. Daur lisogenik

Jika bakteri memiliki kekebalan yang tinggi, Bahan inti virus akan melebur dengan DNA bakteri dan membentuk prophage.

#### 2.2 Sel Prokariotik

Sel prokariotik yaitu sel yang tidak mempunyai membran inti sel. Dengan demikian substansi nukleusnya bercampur atau mengadakan hubungan langsung dengan sitoplasma.



Gambar 2.2. Sel Prokariotik

Daerah nucleus yang mengandung materi genetik disebut nukleoid (berupa DNA dan RNA). Setiap organisme tersusun dari satu atau lebih tipe dasar sel: prokariotik atau eukariotik. Sel prokariotik (pro= sebelum), yaitu sel yang tidak mempunyai **membrane nucleus**. Dengan demikian substansi nukleusnya

bercampur atau mengadakan hubungan langsung dengan sitoplasma. Daerah nucleus yang mengandung material genetik dinamai nukleoid. Sel prokariotik juga tidak mempunyai organela yang dibatasi membran di dalam sitoplasma selnya. Contoh sel prokariotik antara lain: *Mycoplasma*, bakteri, dan ganggang biru. Istilah prokariotik dan eukariotik mula = mula digunakan oleh Hans Ris dalam tahun 1960-an.

Sianobakteri/ alga hijau biru merupakan prokariot fotosintetik, yang dapat dijadikan sebagai individu, koloni, dan juga dapat seperti rantai panjang. Sianobakteri tidak mempunyai flagella, tetapi dapat meluncur pada permukaan sel karena terdapat sekresi seperti **gelatin**. Alat fotosintetiknya ialah lamella yang dinamakan tilakoid, tilakoid ini dibatasi oleh butir = butir pigmen seperti pada **fikobilisom**.

Mikroplasma dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia, merupakan sel yang paling kecil dan paling sederhana yang mampu tumbuh secara otonom. Suatu mikroplasma permukannya dibatasi oleh membran yang dibatasi oleh membran yang terdiri dari protein dan lipid, tetapi tidak mempunyai dinding sel. Satu-satunya keistimewaan yang dapat dilihat dengan mikroskop adalah komponen genetik yang terdiri atas pita heliks-rangkap dari DNA sirkuler dan sejumlah ribosom.

#### 1. Organela-organela pada Sel Prokariotik

Organela	Fungsi
Kapsula	Melindungi Sel
Dinding Sel	Pelindung, Reproduksi & Pertukaran Zat
Membran Plasma	Respirasi
Sitoplasma	Metabolisme dan sumber bahan kimia
Nukleoid	Terdapat materi DNA
Ribosom	Sintesis Protein



## 2: Genom (Materi Genetik) Prokariot

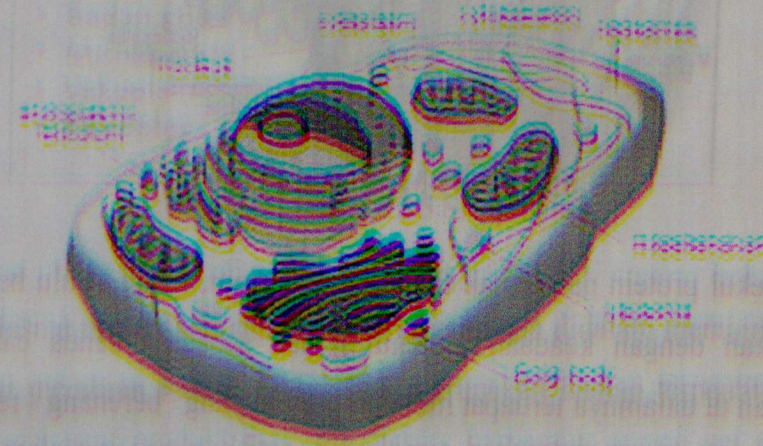
Genom prokariot memiliki ketidaksamaan dengan genom eukariot. Secara umum genom prokariot memiliki ukuran panjang lebih kecil dibanding dengan genom eukariot. Sebagai contoh seperti *genom Escherichia coli* yang memiliki ukuran sekitar 4639 kb dengan 4405 gen. Ukuran genom ini diperkirakan hanya 2/5 dari genom yeast (jamur mikroskopik).

Pada mulanya, banyak ahli yang beranggapan bahwa prokariot hanya memiliki satu molekul DNA sirkular saja, namun kenyataannya prokariot memiliki satu gen tambahan linier yang independen. Gen linier ini disebut dengan **plasmid**. Apa saja peranan plasmid? Jika DNA pada kromosom berfungsi menurunkan sifat, maka gen pada plasmid berfungsi mengkode sifat = sifat ketahanan terhadap antibiotik dan efektifitas sehingga meraih berbagai macam sumber karbon. Apakah prokariot dapat bertahan hidup tanpa plasmid? Ternyata banyak referensi yang mengatakan bahwa tanpa plasmid, sel prokariot tetap mampu bertahan hidup.

## 2.3 Sel Eukariotik: Membrane Plasma, Sitoplasma, Nucleus Dan Nucleolus

Sel Eukariotik merupakan sel yang memiliki inti atau nukleus yang dikelilingi oleh membran dengan demikian sel ini memiliki dua macam membran yaitu membran sitoplasma dan membran nukleus (membran inti).

### a) Struktur Sel Eukariotik



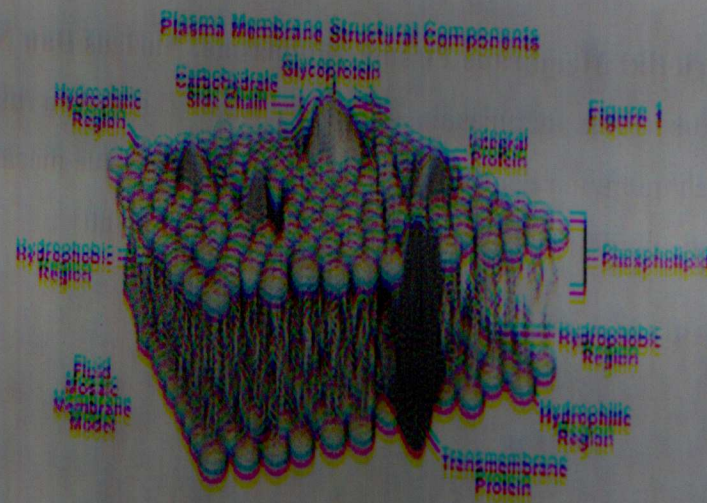
Gambar 2.3 Sel Eukariotik

Struktur sel eukariotik meliputi membran plasma, sitoplasma, nukleus, sentriol, retikulum endoplasma, ribosom, kompleks Golgi, mitokondria, lisosom, badan mikro, dan mikrotubulus.

### 2.3.1 Membran plasma

Membran plasma atau membran sel tersusun dari molekul lemak dan protein. Molekul lemak tersusun atas dua lapis, yang terdapat di bagian tengah membran. Di sebelah luarnya terdapat lapisan protein perifer, yang terdiri dari tepi luar dan dalam membran. Selain protein perifer, terdapat pula molekul = molekul protein yang masuk ke dalam lapisan lemak. Bahkan ada yang masuk hingga menembus dua lapisan lemak. Protein yang masuk ke lapisan lemak itu disebut **protein integral**. Tebal membran plasma antara 5 - 10 nm.





Gambar: 2.4 Membran Plasma

Molekul protein dan lemak tidak bersifat diam, tetapi selalu bergerak. Jika digambarkan dengan keadaan molekul lemak sebagai "benda cair" yang di atasnya dan di dalamnya terdapat molekul protein yang "berenang = renang" maka struktur membran tersebut dikatakan sebagai "**Membran Mosaik Cair**" (bahasa modernnya: **fluid mosaic membrane**).

Lemak membran tersusun dari **fosfolipid** yaitu suatu lemak yang bersenyawa dengan fosfat, **glikolipid** suatu lemak yang bersenyawa dengan karbohidrat, serta **sterol** merupakan lemak alkohol, misalnya kolesterol. Sedangkan protein membran tersusun dari **lipoprotein** dimana protein tersebut bersenyawa dengan karbohidrat.

= **Fungsi membran plasma :**

1: **Melindungi isi sel**

Membran plasma berfungsi sebagai zat pertahanan bagi isi sel.

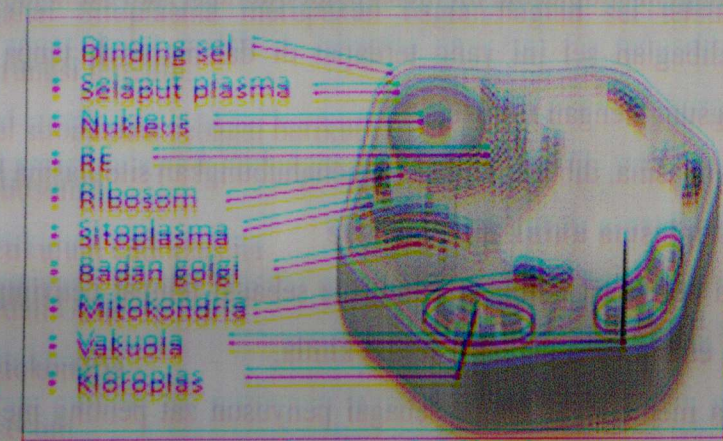
2: **Mengatur keluar masuknya molekul = molekul**

Membran plasma memiliki sifat **semipermeabel** (selektif permeabel) yaitu adanya zat = zat tertentu yang dapat melewati membran plasma meskipun ada pula yang tidak. Agar dapat mempertahankan kehidupan sel maka molekul = molekul tersebut sangat berperan penting didalamnya.

3: **Menerima rangsangan dari luar (sebagai reseptor)**

Rangsangan itu berupa zat = zat kimia, misalnya, hormon, racun, rangsangan listrik, dan rangsangan mekanik, misalnya tusukan dan tekanan. Bagian sel yang berfungsi sebagai reseptor adalah **glikoprotein**.

## 2.3.2 Sitoplasma



Gambar: 2.5 Sitoplasma

Sitoplasma merupakan cairan zat semi yang ada didalam membran sel yang mengelilingi membran nuklir. Sitoplasma merupakan bagian terpenting dari sel yang akan melayani produktifitas. Sitoplasma berbentuk seperti gel yang tebal yang terdiri dari 80% air yang memiliki warna jernih dan juga merupakan nutrisi terlarut yang membantu melarutkan produk ilmiah.

= **Ciri-ciri Sitoplasma :**

1. Sitoplasma terdiri dai beberapa campuran heterogen diantara butiran yang buram dan senyawa organik yang memberikan koloid.
2. Sitoplasma bersifat koloid.
3. Sitoplasma memiliki sifat pewarna differensial.
4. Sitoplasma mengandung protein larut sekitar 20-25 %.
5. Sitoplasma mengandung persentase air sampai 90% dan sisanya hanya termasuk campuran senyawa organik dan anorganik di beberapa proposisis.
6. Sitoplasma bersifat menyerap air sesuai dengan kebutuhan sel.
7. Sitoplasma mempunyai bagian plasmogel yang berperan sebagai penyerap air.
8. Sitoplasma mengandung stomata pada daun.
9. Sitoplasma didalamnya banyak garam dan berfungsi untuk penghantar listrik.
10. Sitoplasma berbentuk seperti gel.



### Bagian terpenting sitoplasma :

- Sitosol, dibagian sitoplasma ini melakukan interaksi satu sama lain.
- Organel, dibagian sel ini yang terdapat di dalam tubuh tanpa hubungan secara langsung dengan sitoplasma.
- Inklusi sitoplasma, dibagian ini akan menghubungkan sitoplasma lainnya.

#### = Fungsi Sitoplasma untuk metabolisme :

- Sitoplasma berfungsi untuk metabolisme sebagai tempat penyimpanan jenis bahan ion, enzim yang bereaksi secara kimia.
- Sitoplasma mempunyai fungsi sebagai penyusun zat penting melalui reaksi kimia.
- Sitoplasma mempunyai fungsi sebagai penjamin ketika berlangsungnya pergantian zat dan juga menjaga ketika berlangsungnya metabolisme.
- Sitoplasma mempunyai fungsi sebagai tempat untuk jaringan sitokleton atau yang disebut jaringan filament protein.
- Sitoplasma mempunyai fungsi sebagai kerangka sel.
- Sitoplasma mempunyai fungsi sebagai organel sel.
- Pelarut senyawa dan protein yang terdapat dalam sel.
- Prantara transfer bahan dari luar sel yang menuju organel.

#### = Struktur Sitoplasma

##### 1. Matriks Sitoplasma

Matriks sitoplasma merupakan cairan homogen yang menyusun sel yang mempunyai sifat koloid. Matriks mempunyai bentuk jel atau sol yang bisa berubah.

#### Karakteristik Matriks Sitoplasma :

- Matriks dapat berubah fase
- Dapat memantulkan cahaya yang berbentuk kerucut.
- Mempunyai peran sebagai larutan penyangga.
- Bisa bergerak seperti arus esensi siklosi.
- Mempunyai sifat konduktif yang dapat meneruskan rangsangan.

## 2. Organel Sitoplasma

Organel Sitoplasma merupakan bagian-bagian sel terstruktur dan juga memiliki fungsi tertentu.

Organel sitoplasma sebagai berikut :

- Ribosom
- Retikulum endoplasma
- Badan Golgi
- Mitokondria
- Lisosom
- Plastida
- Sentriol
- Mikrotubulus
- Vakuola
- Mikrofilamen

## 3. Inklusi Sitoplasma

Inklusi Sitoplasma merupakan bagian dari sitoplasma yang tak hidup dan juga disebut paraplasma yang dapat berupa lemak, butiran minyak, glikogen, granula sekretorius.

#### = Organel = organel sel yang terdapat dalam sitoplasma

##### 1. Retikulum Endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma merupakan jaringan yang tersusun oleh membran yang berbentuk seperti jala. Terdapat dua tipe retikulum endoplasma yaitu RE kasar dan RE halus. RE kasar adalah RE yang ditempeli ribosom dan tampak berbintil-bintil. RE halus adalah RE yang tidak ditempeli ribosom. RE memiliki beberapa fungsi berikut.

- Mensintesis lemak dan kolesterol (RE kasar dan RE halus).
- Menampung protein yang disintesis oleh ribosom (RE kasar).
- Transportasi molekul-molekul (RE kasar dan RE halus).
- Menetralkan racun (detoksifikasi).

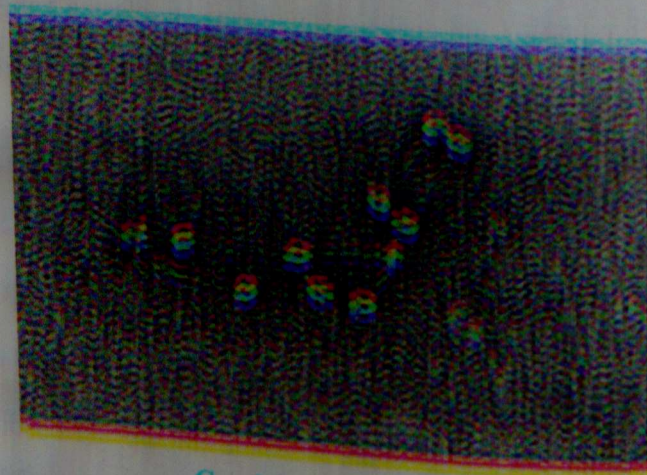




Gambar 2.6 Retikulum Endoplasma

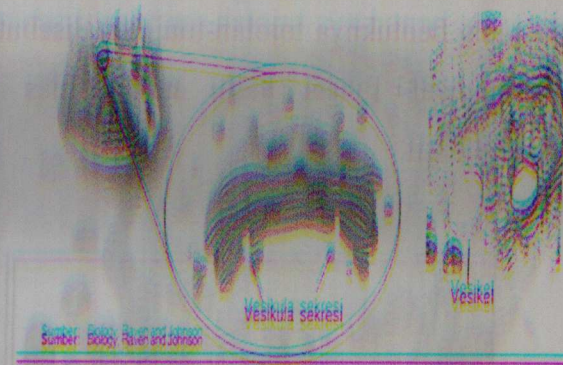
## 2. Ribosom

Pada permukaan dalam membran retikulum endoplasma sel eukariotik tersebar organel-organel. Salah satu ribosom adalah organel pada sel. Ribosom berperan penting pada proses pembentukan protein. Pada sel yang aktif terdiri atas ribosom dalam yang banyak. Selain RE ribosom banyak dijumpai juga pada anak inti (nukleolus).



Gambar 2.7 Ribosom

## 3. Kompleks Golgi/ Badan Golgi



Gambar 2.8 kompleks Golgi

Kompleks Golgi tersebar dalam sitoplasma dan merupakan salah satu komponen terbesar dalam sel. Kompleks Golgi mempunyai hubungan yang erat dengan RE dalam sintesis protein. Selain itu kompleks golgi memiliki fungsi sebagai berikut: Tempat sintesis **polisakarida** seperti **mukus**, **selulosa**, **hemiselulosa**, dan **pektin**.

- Tempat sintesis polisakarida yaitu mukus, selusa, hemiselulosa, serta ektin.
- Membentuk kantong sekresi untuk membungkus zat yang akan dikeluarkan sel.
- Berbentuk kantong sekresi sebagai tempat pelapis zat yang akan dikeluarkan sel.

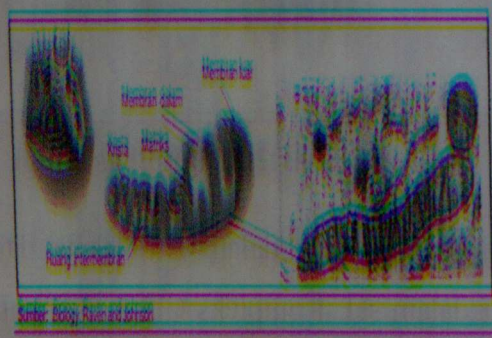
Badan Golgi berbentuk seperti kantung yang pipih, dibatasi oleh membran. Beberapa badan golgi sring terdapat berdekatan serta membentuk kantung-kantung yang bertumpuk. Dipekirakan badan golgi sebagai salah satu bentuk dari sistem membrane pada RE

Fungsi badan Golgi terutama dalam pengolahan protein yang baru disintesis. Badan Golgi memotong protein berukuran besar yang dihasilkan ribosom menjadi protein-protein berukuran kecil seperti hormon dan **neurotransmitter** (bahan penerus informasi pada sistem saraf). Badan golgi juga memiliki fungsi menambahkan molekul glukosa ketika proses sintesis glikoprotein. Pada sel-sel kelenjar, badan golgi memiliki jumlah yg banyak dibandingkan dengan sel yg lain. Hal ini berhubungan pada pembentukan sekresi muskus seperti mukopolisakarida yg berkaitan dgn badan golgi.



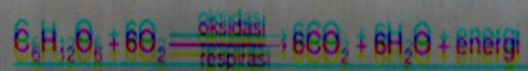
#### 4. Mitokondria

Mitokondria mempunyai dua jenis membrane yaitu membrane luar dan dalam. Kedua membrane ini memiliki sifat kuat, fleksibel, stabil, dan tersusun dari lipoprotein. Membrane yang bentuknya tonjolan-tonjolan disebut Kristal. Tonjolan-tonjolan tersebut mempunyai fungsi yaitu memperluas permukaan agar penyerapan oksigen lebih efektif.



Gambar 2.9 Mitokondria

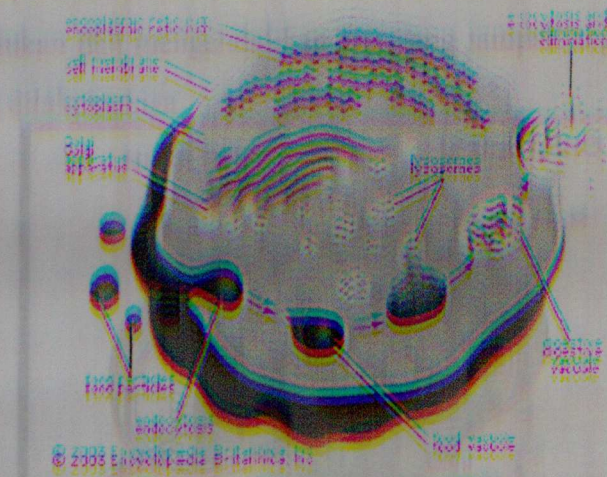
Didalam matriks mitokondria memiliki enzim pernapasan, DNA, RNA, dan protein. Mitokondria memiliki fungsi untuk oksidasi makanan, respirasi sel, dehidrogenasi, fosforilasi oksidatif, dan sistem transfer elektron. Secara sederhana, reaksi oksidasi makanan bisa ditulis seperti ini:



Banyaknya jumlah mitokondria didalam sel, tergantung pada seberapa aktif sel tersebut. Contohnya, pada sel otot, mempunyai mitokondria yang lebih banyak dibandingkan sel yang pasif. Semakin banyak mitokondria semakin tinggi pula proses frekuensi respirasi. Organel yang sudah diuraikan sebelumnya adalah organel-organel yang dimiliki sel hewan dan sel tumbuhan. Beberapa organel berikut, hanya terdapat pada sel hewan dan sel tumbuhan saja.

#### 5. Lisosom

Lisosom adalah kantong-kantong kecil yang umumnya berisi atas enzim pencernaan (hidrolisis) memiliki fungsi dan peran dalam peristiwa pencernaan

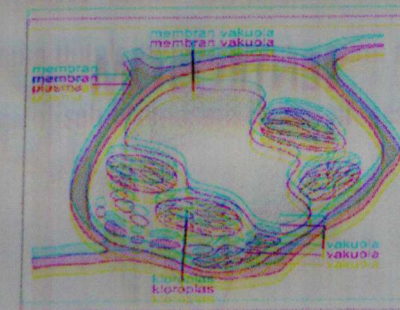


Gambar 3.0 Lisosom

intra sel. Fungsi dari lisosom adalah sebagai penghasil dan penyimpan enzim pencernaan seluler. Struktur lisosom dikelilingi oleh membran yang terdiri dari fosfolipid sehingga memisahkan bagian dalam lisosom dari lingkungan eksternal membran.

#### 6. Vakuola

Adalah rongga yang terbentuk dalam sel, dan dibatasi oleh membran atau disebut *tonoplas*. Pada beberapa spesies biasanya terdapat vakuola kontraktil dan vakuola non kontraktil. Pada tumbuhan vakuola berukuran sangat besar dan umumnya termodifikasi.



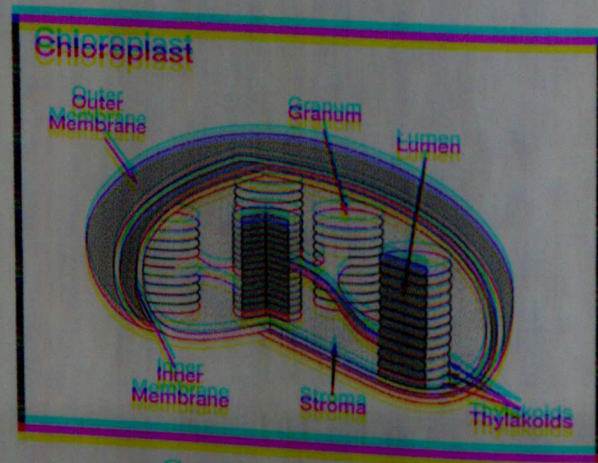
Gambar 3.1: Vakuola

Vakuola berfungsi sebagai tempat penimbunan sisa metabolisme ataupun tempat penyimpanan zat makanan.



## 7. Kloroplas

Kloroplas adalah plastida yang terkandung oleh pigmen hijau yang disebut klorofil. Fungsi kloroplas yaitu sebagai tempat berlangsung proses fotosintesis.



Gambar 3.2 Kloroplas

Kloroplas hanya terdapat di sel tumbuhan dan ganggang tertentu. Pada tumbuhan kloroplas umumnya dijumpai dalam bentuk cakram dengan diameter antara 5-8  $\mu\text{m}$ , dan tebal antara 2-4  $\mu\text{m}$ .

## 8. Sentrosom

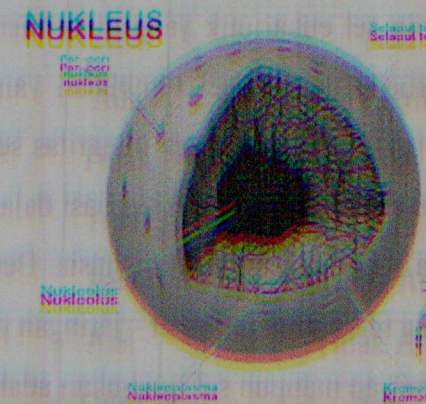
Sentrosom adalah organel sel yang berfungsi aktif pada pembelahan sel dan hanya terdapat pada sel hewan. Sentrosom merupakan wilayah yang terdiri dari dua sentriol (sepasang sentriol) yang terjadi ketika pembelahan sel, dimana nantinya tiap sentriol ini akan bergerak kebagian kutub-kutub sel yang sedang membelah.



Gambar 3.3: Sentrosom

## 2.3.3. Nukleus

Nukleus merupakan pusat kendali yang terdapat di dalam semua sel-sel Anda di beberapa titik selama hidup mereka. Suatu nukleus bertanggung jawab dalam menentukan dan mengendalikan apa yang tampak seperti sebuah sel dan apa yang harus dilakukannya.



Gambar 3.4: Nukleus

Nukleus dibungkus oleh selaput inti, sebuah fosfolipida berlapis ganda yang mirip dengan membran plasma. Inti mengandung DNA yaitu informasi bawaan dalam sel. DNA tersebar di dalam inti diantaranya matriks yang mirip benang dan disebut **kromatin**. Ketika sel sudah melakukan pembelahan diri, kromatin menjadi padat dan badan berbentuk tongkat yang disebut **kromosom**. Setiap kromosom sebelum membelah, terdiri dari dua molekul DNA yang panjang dan berbagai molekul histon. Histon berperan dalam melakukan organisasi pemanjangan DNA, melilitkannya sehingga menjadi kumparan yang disebut **nukleosom** juga terlihat di dalam inti satu nukleolus atau lebih, dan masing-masing terdiri atas DNA yang sedang berada dalam proses untuk membentuk komponen ribosom. Ribosom dipindahkan ke sitoplasma untuk merakit asam – asam amino menjadi protein. Inti juga berfungsi sebagai pemisah kromosom dalam proses pembelahan sel.

## 2.3.4. Nukleolus

**Nukleolus** yaitu salah satu organel sel yang merupakan struktur tanpa membran dan terdapat di dalam inti sel. Oleh karena hal itu, **Nukleolus** sering disebut sebagai **Anak Inti Sel**. Nukleolus terdiri dari protein dan asam Ribonukleat (RNA); **Nukleolus** berperan dalam membentuk Subunit



Ribosom yang terdiri dari Protein dan RNA. Setelah terbentuk subunit maka akan dibawa ke luar inti sel kemudian membentuk Ribosom sepenuhnya di sitoplasma.

## 2.4 Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

### = Struktur sel hewan dan sel tumbuhan

Sel hewan merupakan sel eukariotik yang tidak memiliki dinding sel serta kloroplas. Sel hewan berbeda dengan sel tumbuhan yang juga merupakan sel eukariotik dari segi dinding sel yang menjaga integritas serta menjaga bentuk sel tumbuhan, oleh karena itu sel hewan memiliki variasi dalam bentuk bahkan dapat bersifat elastis contohnya sel penyusun kulit manusia. Berdasarkan namanya, sel hewan merupakan sel yang menyusun jaringan = jaringan pada tubuh hewan.

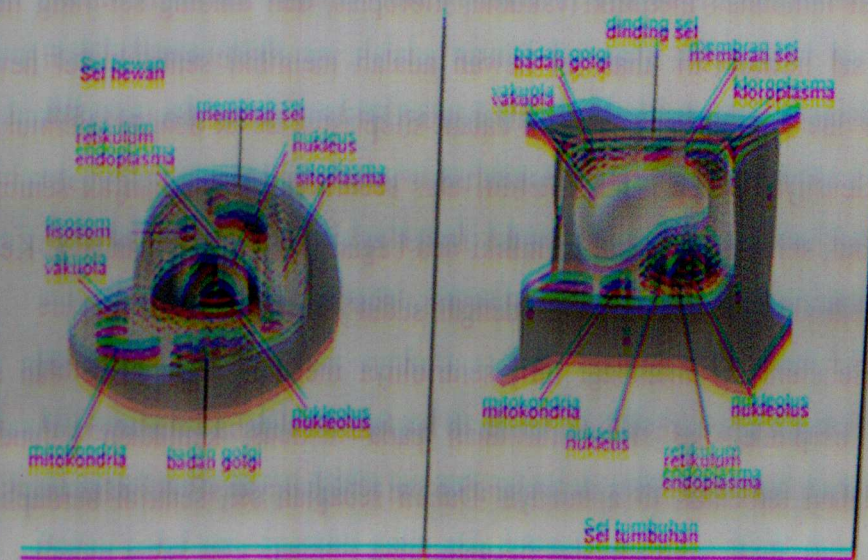
Struktur dasar sel hewan maupun sel tumbuhan adalah sama. Namun dalam perkembangannya, kedua jenis sel tersebut mengalami perkembangan sesuai dengan lingkungannya sehingga timbul berbagai macam perbedaan. Salah satunya yaitu berperan dalam ekologi, tumbuhan adalah pembuat makanan sendiri yang bersifat *Autotrof*, sedangkan hewan hanya bisa mengambil makanana dari tumbuhan dan hewan lainnya.

### 1: Tabel Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Sel Tumbuhan	Sel hewan
Memiliki dinding sel	Tidak memiliki dinding sel
Memiliki vakuola berukuran besar	Memiliki vakuola berukuran kecil
Memiliki plastida(kloroplas, kromoplas, dan leukoplas	Tidak memiliki plastid
Tidak memiliki sentriol	Memiliki sentriol

Bagian-bagian Sel	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
Dinding Sel	Tidak Ada	Ada
Membran Plasma	Ada	Ada

Nukleus	Ada	Ada
Sitoplasma	Ada	Ada
Retikulum Endoplasma	Ada	Ada
Aparatus Golgi	Ada	Ada
Mitokondria	Ada	Ada
Ribosom	Ada	Ada
Lisosom	Ada	Ada (Sedikit)
Vakuola	Tidak Ada	Ada
Sentriol	Ada	Tidak Ada
Sentrosom	Ada	Tidak Ada
Plastida	Tidak Ada	Ada

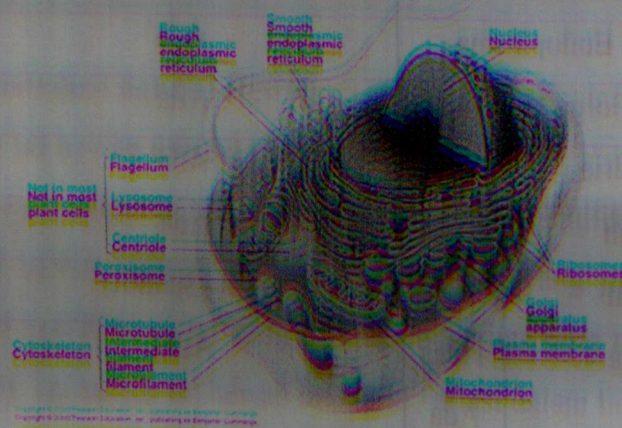


Gambar 3.0 Sel hewan dan Sel tumbuhan

Sel-sel dalam tubuh makhluk hidup memiliki beberapa perbedaan. Sel tumbuhan berbeda dengan sel hewan. Seperti sel hewan, sel tumbuhan dikelilingi oleh membran plasma dan mengandung nukleus, ribosom, RE, badan golgi, mitokondria, peroksisom, mikrofilamen, dan mikrotubula.



## 2.4.1 Sel Hewan



Gambar 3.1 Sel Hewan

Sel hewan dan sel tumbuhan memiliki bagian-bagian sel, seperti yang telah dijelaskan di artikel sebelumnya Struktur dan Bagian-bagian Sel. Selain memiliki persamaan, sel hewan dan sel tumbuhan memiliki perbedaan-perbedaan, di antaranya adalah pada sel hewan terdapat sentriol, sedangkan pada sel tumbuhan tidak terdapat organel tersebut.

Sel tumbuhan memiliki vakuola, kloroplas, dan dinding sel yang tidak dimiliki sel hewan. Ciri khas sel hewan adalah memiliki sentriol. Sel hewan memiliki dua sentriol yang terdapat dalam sitoplasma dekat dengan permukaan luar nukleusnya. Setiap sentriol terdiri atas sebaris silinder sebanyak sembilan mikrotubul, setiap mikrotubul memiliki dua bagian yang terikat padanya. Kedua sentriol biasanya saling berhadapan dengan sudut yang tegak lurus.

Sebelum sel membagi diri, sentriolnya melakukan duplikasi dan satu pasang berpindah ke sisi berlawanan pada nukleus, kemudian gelondong pembelahan terbentuk di antaranya. Dalam sebagian sel, sentriol berduplikasi membentuk benda basal silia dan flagelata.

### A: Organela Sel Hewan

1. **Membran Sel** adalah bagian paling luar yang membungkus sel dan tersusun atas lemak (*lipid*) dan protein (*lipoprotein*). Berfungsi dalam melindungi sel, mengatur keluar masuknya zat dan menerima rangsangan dari luar.

2. **Sitoplasma** adalah cairan sel dan segala sesuatu yang larut di dalamnya, kecuali nukleus (inti sel) dan organel. Sitoplasma memiliki fungsi sebagai tempat berlangsungnya metabolisme sel dan sumber bahan kimia sel.
3. **Retikulum endoplasma** adalah bagian sel yang berbentuk benang-benang dan terdapat di dalam inti sel. RE berfungsi sebagai alat zat dalam sel sendiri dan membantu dalam detoksifikasi sel-sel berbahaya pada sel.
4. **Mitokondria** adalah organel terbesar yang merupakan mesin dalam sel. Berfungsi untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP maupun respirasi seluler.
5. **Mikrofilamen** adalah organel sel yang terbentuk dari protein aktin dan miosin. Memiliki peran dalam pergerakan sel, endositosis dan eksositosis.
6. **Lisosom** adalah organel berupa kantong terikat di membran yang berisi kandungan enzim hidrolitik. Memiliki fungsi sebagai pemasukan makromolekul dari luar menuju ke dalam sel dengan mekanisme endositosis.
7. **Peroxisom** adalah kantong kecil yang berisi dengan enzim katalase. Memiliki peran dalam menguraikan perokida ( $H_2O_2$ ) dari sisa-sisa metabolisme toksik.
8. **Ribosom** adalah organel sel yang padat dan kecil dengan diameter 20 nm. Memiliki fungsi sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein.
9. **Sentriol** adalah struktur berbentuk tabung yang dapat ditemukan pada sel eukariota. Berfungsi sebagai proses pembelahan sel dalam membentuk benang spindel.
10. **Mikrotubulus** adalah organel sel di dalam sitoplasma yang ditemukan pada sel eukariot. Berperan dalam melindungi sel dan memberi bentuk sel.
11. **Badan golgi** atau aparatus golgi atau kompleks golgi adalah organel yang dikaitkan dengan fungsi ekskresi sel. Berfungsi membentuk vesikula (kantong) untuk ekskresi.
12. **Nukleus** adalah inti dari sel yang mengatur dan mengendalikan aktivitas sel. Berperan dalam menjaga integritas gen-gen.



13. **Nukleolus** adalah daerah yang terdapat di dalam inti sel (nukleus) yang berfungsi bertanggung jawab dalam pembentukan protein.
14. **Nukleoplasma** adalah cairan padat yang berada di dalam inti sel (nukleus) berfungsi membentuk kromosom dan gen
15. **Membran inti** adalah elemen struktural utama nukleus yang membungkus keseluruhan organel dan memisahkan antara sitoplasma dan daerah inti.

Hewan memiliki organel yang khas pada selnya, yaitu sentriol yang tidak terdapat pada sel tumbuhan.

### 1. Sentriol

Sentriol adalah sepasang struktur berbentuk silinder yang memiliki lubang tengah dan tersusun dari protein mikrotubulus. Pasangan sentriol biasanya terletak di posisi tersudut ke arah kanan satu sama lain. Sentriol tersusun dari mikrotubulus yang membentuk suatu struktur protein seperti jala yang tampak saling berdekatan dengan kromosom selama pembelahan sel (*metosis dan meiosis*). Jala tersebut dinamakan *benang spindel*. Sentriol memiliki peran dalam mengatur polaritas (kutub) pembelahan sel hewan dan pemisahan kromosom selama pembelahan.

### 2. Vakuola

Pada beberapa jenis hewan bersel satu terdapat adanya vakuola, seperti pada *amoeba* dan *paramecium*. Pada *paramecium* terbagi dua macam vakuola, yaitu:

- \* **Vakuola kontraktil** atau vakuola berdenyut, khas untuk hewan bersel satu yang hidup di air tawar. Vakuola ini berperan menjaga tekanan osmotik sitoplasma, atau sering disebut sebagai alat osmoregulator.
- \* **Vakuola nonkontraktil** atau vakuola yang tidak berdenyut dan bertugas dalam proses pencernaan makanan, sehingga sering disebut vakuola makanan.

## B. Fungsi Sel Hewan

Sel-sel hewan melakukan berbagai macam kegiatan dengan bantuan organel seluler. Sel-sel ini berperan sebagai sebuah unit dan sel bersama-sama membentuk jaringan. Kelompok jaringan memiliki fungsi yang sama membentuk

organ dan sekelompok organ untuk melakukan fungsi spesifik menjadi sistem organ. Dengan demikian, sel-sel secara mikroskopik membentuk unit dasar untuk kegiatan dan koordinasi dan membantu kelangsungan hidup organisme.

### 2.4.2 Sel Tumbuhan

#### = Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan memiliki struktur yang tidak dimiliki oleh sel hewan, di antaranya adalah adanya Vakuola, Plastida, dan Dinding sel.

#### a. Vakuola

Vakuola adalah organel sitoplasma yang berisi cairan, dibatasi oleh membran yang identik dengan membran plasma. Vakuola biasanya terbentuk karena terjadi pelipatan membran sel ke arah dalam. Bahan maupun buangan dapat ditemukan di dalam vakuola.

Sel tumbuhan berisi banyak vakuola kecil-kecil, tetapi dengan matangnya sel, terbentuklah vakuola tengah yang besar. Molekul makanan yang terlarut, bahan buangan, dan pigmen biasanya terdapat di dalamnya.

Vakuola memiliki beberapa fungsi, antara lain:

1. Memasukkan air melalui tonoplas yang bersifat diferensial permeabel untuk membangun turgor sel.
2. Vakuola ada yang berisi pigmen dalam bentuk larutan, seperti antosian, termasuk antosianin yang berwarna merah, biru, dan lembayung, juga warna gading dan kuning. Antosian mampu memberi warna pada bunga, buah, pucuk, dan daun. Hal ini, berguna untuk menarik serangga, burung, dan hewan lain yang berjasa bagi penyerbukan atau persebaran biji.
3. Vakuola tumbuhan, kadang-kadang mengandung enzim hidrolitik yang mampu bertindak sebagai lisosom waktu hidup. Setelah sel mati, tonoplas kehilangan sifat diferensial permeabelnya sehingga enzim-enzimnya lolos keluar menyebabkan autolisis (penghancuran diri).
4. Menjadi tempat timbunan sisa-sisa metabolisme, seperti kristal kalsium oksalat dan beberapa alkaloid, seperti tanin. Lateks (getah) dapat



berkumpul di dalam vakuoladan di dalam bentuk emulsi. Sel khusus yang berfungsi seperti ini disebut latisifer, misalnya pada *Hevea brasiliensi* dan *Cannabis sativa*.

5. Menjadi tempat penyimpanan zat makanan terlarut yang sewaktu-waktu dapat dimanfaatkan oleh sitoplasma. Misalnya, sukrosa dan garam mineral.

## b. Plastida

Plastida adalah organel bermembran lengkap, dengan bentuk dan fungsi yang berbagai macam. Organel ini hanya dapat dijumpai pada sel tumbuhan, berupa butir-butir yang mengandung pigmen. Plastida merupakan hasil pengembangan dari badan kecil yang dikenal *proplastida* yang banyak di daerah meristematik. Dalam perkembangannya, *proplastida* dapat berubah menjadi tiga tipe, yaitu tipe kloroplas, kromoplas, dan leukoplas.

### 1. Kloroplas

Kloroplas adalah organel yang mengandung klorofil. Klorofil berfungsi pada waktu fotosintesis. Struktur kloroplas terdiri dari membran luar yang berguna untuk melewati molekul-molekul berukuran kurang dari 10 kilodalton tanpa selektivitas. Membran dalam bersifat selektif permeabel dan berguna sebagai memilih molekul keluar masuk dengan transpor aktif. *Stroma* adalah cairan kloroplas yang berguna untuk menyimpan hasil dari fotosintesis dalam bentuk pati (amilum); dan tilakoid menjadi tempat terjadinya fotosintesis.

Kloroplas banyak ditemui pada daun dan organ tubuh lainnya yang mencangkup warna hijau. Klorofil dapat dibedakan menjadi berbagai macam, yaitu:

- Klorofil a : Menampilkan warna hijau biru.
- Klorofil b : Menghasilkan warna hijau kuning.
- Klorofil c : Menghasilkan warna hijau coklat.
- Klorofil d : Menghasilkan warna hijau merah.

### 2. Kromoplas

Kromoplas adalah plastida yang memberikan aneka ragam warna nonfotosintesis, seperti pigmen merah, oranye, kuning, dll. Pigmen yang termasuk kelompok kromoplas antara lain:

- *Karoten*, menimbulkan warna kuning jingga dan merah, misalnya pada wortel
- *Xantofil*, Menimbulkan warna kuning pada daun yang telah tua
- *Fikosianin*, Memberikan warna biru pada ganggang
- *Fikosiantin*, Memberikan warna coklat pada ganggang
- *Fikoeritrin*, Memberikan warna merah pada ganggang.

### 3. Leukoplas

Leukoplas adalah plastida tidak berwarna putih. Umumnya terdapat pada organ tumbuhan yang tidak terkena sinar matahari, khususnya pada organ penyimpanan cadangan makanan. Leukoplas biasanya digunakan untuk menyimpan cadangan makanan, seperti amilum dan protein pada sel-sel batang ketela pohon dan sel-sel akar pada kentang.

Leukoplas dibedakan menjadi tiga macam :

- *Amiloplas*, yaitu leukoplas yang berfungsi membentuk dan menyimpan amilum,
- *Elaioplas (lipidoplas)*, yaitu leukoplas yang berfungsi untuk membentuk dan menyimpan lemak atau minyak,
- *Proteoplas*, yaitu leukoplas yang berfungsi menyimpan protein.

## e. Dinding sel

Sebagian besar ganggang dan semua tumbuhan, di luar membran sel terdapat pembungkus luar yang terdiri atas selulosa polisakarida dan yang membentuk dinding sel yang kaku.

Penataan fibril-fibril selulosa terlihat beraturan sehingga terbentuk dinding sel. Sifat-sifat linier molekul-molekul fibril selulosa dan mudahnya pengikatan hidrogen intermolekuler menyebabkan terbentuknya fibril-fibril yang panjang dan kaku. Selain selulosa, dinding sel juga mengandung polisakarida sebagai konstruksi penguat dinding sel.



Dinding sel terdiri dari selulosa (sebagian besar), hemiselulosa, pektin, lignin, kitin, garam karbonat dan silikat dari Ca dan Mg

= **Fungsi dinding sel :**

- Memberi bentuk sel
- Melindungi bagian sebelah dalam dan mengatur transportasi zat
- Menyokong tumbuhan yang tidak berkayu.

### **Kerja Ilmiah Percobaan (1) : Sel Tumbuhan**

Sel tumbuhan mempunyai kekhusukan yang tidak ditemukan pada sel hewan. Sel tumbuhan memiliki sel-sel dan bentuk pada tubuh daun.

**Tujuan :** Mengetahui Sel Tumbuhan

#### **Alat dan Bahan :**

- ⇒ Mikroskop
- ⇒ Larutan Metilum Biru
- ⇒ Pembersih Telinga (cotton buds) atau spatula
- ⇒ Kaca Objek dan Kaca Penutup
- ⇒ Lendir Rongga Pipi

#### **Cara Kerja :**

- 1) Ambillah sayatan tipis daun muda dari ujung tanaman Eloiida.
- 2) Letakkan sayatan tersebut pada kaca objek kemudian tetesi dengan sedikit air dan tutup dengan kaca penutup.
- 3) Amatilah preparat tersebut di bawah mikroskop dengan menggunakan perbesaran lemah kemudian di lanjutkan dengan perbesaran kuat.
- 4) Gambarkan bentuk sel yang kamu amati beserta nama-nama bagian selnya.

#### **Pertanyaan :**

- 1) Tuliskan bagian sel yang paling mudah untuk kamu kenal!
- 2) Tuliskan fungsi masing-masing organel tersebut!
- 3) Kesimpulan terhadap percobaan!



## Kerja Ilmiah Percobaan (2) :

### Pengaruh Cairan Lingkungan Eksternal Sel Terhadap Sel-Sel Penyusun jaringan

#### Tujuan :

Untuk memahami pada pengaruh cairan lingkungan eksternal sel terhadap masa sel-sel penyusun jaringan

#### Alat dan Bahan :

Neraca Analitik (manual atau digital); pisau atau euter; umbi kentang segar (4-6) buah; penggaris ukuran 30 cm; kertas isap aluminium fosil; larutan gula yang berkonsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, larutan garam dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, aquades; gelas beker ukuran 100 ml (5 buah); dan alat tulis.

#### Cara Kerja :

- 1) Buatlah kelompok 5-6 orang. Dari kelompok-kelompok yang ada, bagi menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama menggunakan larutan gula, kelompok kedua menggunakan larutan garam.
- 2) Buatalah larutan gula atau garam 2%, 4%, 8%, 10%. Larutan tersebut dibuat dengan cara melarutkan 2, 4, 6, 8, dan 10 gram gula atau garam dalam 100 ml aquades. Tampung larutan yang telah dibuat ke dalam wadah yang telah di buat ke dalam wadah yang telah disediakan dan beri label.
- 3) Siapkan 5 buah gelas beker yang setiap kelompok. Isi 4 buah gelas beker masing-masing dengan larutan gula atau garam dengan konsentrasi yang berbeda 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Isi 1 gelas beker yang tersisa dengan aquades. beri label pada kelima gelas beker tersebut.
- 4) Kupas kentang dan cuci sampai bersih. Potong kentang bentuk dadu ukuran 1 cm. buatlah sebanyak 10 buah dan bagi menjadi 5 bagian. Kemudian, setiap bagian yang terdiri atas 2 potong irisan kentang ditimbang dengan timbangan analitik dan catat berat kentang sebelum dimasukkan pada masing-masing larutan (berat awalnya), ingat! Jangan sampai kentang yang ditimbang tertukar untuk di masukkan ke dalam larutan yang berbeda : gunakan alas aluminium foil untuk menimbang irisan kentang. Dengan

demikian, alas yang digunakan untuk menimbang irisan kentang tersebut harus ditimbang dulu beratnya sebelum digunakan, sedangkan berat irisan total kentang dengan aluminium foil yang digunakan dikurangi berat aluminium foil

- 5) Masukkan kentang yang telah ditimbang ke dalam masing-masing larutan yang telah disediakan selama 30 menit
- 6) Setelah 30 menit, angkat setiap kentang, kemudian letakkan diatas kertas isap untuk menyerap kelebihan air yang ada di luar.
- 7) Timbang masing-masing kentang tersebut untuk mendapatkan berat akhir dan catat hasilnya.
- 8) Tulislah hasil pengamatan pada lebel seperti contoh berikut ini ! dan buatlah laporan hasil pengamatan anda

No	Konsentrasi	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Selisi (gram)	Keterangan (bertambah atau berkurang)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

#### Pertanyaan :

- 1) Apakah terjadi perubahan berat setelah irisan kentang di rendam dalam larutan selama 30 menit? Pada larutan dan konsentrasi larutan berapakah terjadi perubahan berat irisan kentang?
- 2) Perubahan berat pada irisan kentang tersebut berupa penambahan berat atau pengurangan berat? Diskusikan proses terjadinya perubahan berat pada irisan kentang tersebut, baik berupa pengurangan berat maupun penambahan berat!
- 3) Pada konsentrasi berapakah perubahan potongan kentang terlihat paling mencolok? Mengapa? Diskusikan dengan kelompok kalian!



- 5) Buatlah kesimpulan anda terhadap penelitian ini

- Fertilisa** : Pembentukan antara sel telur dengan sel sperma
- Mitosis** : Pembelahan ganda dimana sel akan membelah menjadi dua dan seterusnya
- Multisel** : Benda hidup yang terdiri dari banyak sel
- Organisme** : Kumpulan dari organ yang memiliki hubungan dengan sel yang ada dalam tubuh
- Pembelahan Sel** : Terjadinya pembelahan dimana sel akan bergabung menjadi sel yang baru
- Protein** : Zat pembangun yang bersumber dari energi untuk pelindung tubuh makhluk hidup
- Sel** : Unit terkecil yang ada di dalam tubuh makhluk hidup



## BAB III ORGANELLA

### 3.1 Struktur dan Fungsi Organella

#### 1: Membran Sel

Membran sel meliputi atas lapisan lipoprotein. Lipid yang menyusun membran adalah fosfolipid yang bersifat **hidrofilik** dan sentral yang bersifat **hidrofobik**. Membran sel bersifat semipermeabel dan juga selektif. Fungsi membran sel :

- = Sebagai pelindung sel.
- = Sebagai tempat pertukaran zat.
- = Untuk reseptor dari rangsang luar.
- = Untuk tempat berlangsungnya reaksi = reaksi kimia.



Gambar 3.1 Membran sel  
<https://www.tentorku.com>

#### 2: Sitoplasma

Sitoplasma ada dalam dua bentuk yang dipengaruhi kandungan air yaitu : fase sol (padat) dan fase gel (cair).

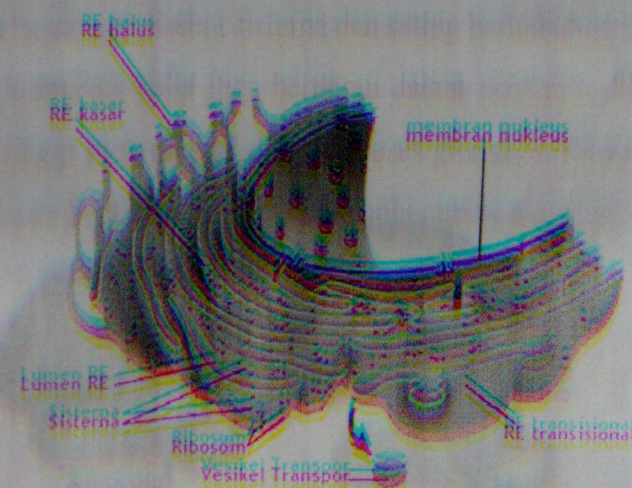
### 3: Organel sel

Organel sel merupakan benda = benda padat yang terdapat di dalam sitoplasma sel, bersifat hidup dan berperan khusus dalam menjalankan dan mengatur kehidupan sel seperti sintesis bahan, respirasi sel, penyimpanan, serta reaksi terhadap rangsang. Dalam sel terdapat bermacam = macam organel, dimana organel sel ini menjadi tempat segala aktivitas dari sel. Organel = organel sel tersebut antara lain adalah :

#### 3.1.1 Retikulum endoplasma

Semua sel eukariotik mengandung retikulum endoplasma (RE). Organela ini bukan organela yang statis dan mudah dikenali, tetapi komponen dari suatu sistem selaput yang dinamis. Retikulum endoplasma merupakan jaringan sistem membran yang dalam bahasa inggris disebut *cytocyvitary network* yang didalamnya termasuk mitokondria, lisosom, kompleks golgi, badan mikro dan membran inti.

Retikulum endoplasma mempunyai hubungan dengan membran plasma dan membran luar dari selaput inti, meskipun RE merupakan organela tersendiri tapi struktur dan fungsinya mempunyai hubungan dan tergantung pada bagian-bagian lain dari jaringan *cytocyvitary*.



Gambar 3.3: Retikulum Endoplasma



### A. Bentuk Mikropis RE

Dari pengamatan dengan mikroskop elektron pada sel hati terlihat adanya dua macam Retikulum Endoplasma

#### ■ Retikulum Endoplasma Kasar (REK)

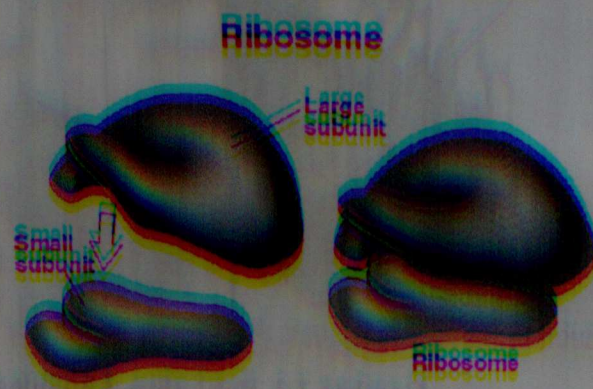
Endoplasma kasar (REK) mempunyai fungsi dalam sintesa protein didalam sel, terutama sintesa protein untuk sekresi dan protein untuk komponen RE itu sendiri. Jika dilihat disitoplasma REK tampak berupa saluran panjang berjajar melengkung teratur (lamelar).

RE juga berfungsi untuk melakukan glikolasi yakni menambahkan gula (selaput glukosamin dan manosa) terhadap protein dan penambahan disulfida agar polipeptida lebih banyak rangkaian dan cabangnya. RE juga mengandung granula lemak, hal ini menunjukkan bahwa REK maupun REH saling bekerjasama dan saling berhubungan dalam proses sekresi dan transport lemak.

#### ■ Retikulum Endoplasma Halus (REH)

REH mempunyai bentuk berupa pembuluh (tubular) gelembung atau (vesikuler) yang tidak teratur. REH berperan dalam mensintesa hormon steroid. Dalam sel hati REH berfungsi untuk metabolisme zat yang larut dalam lemak dan obat, contohnya barbiturat. REH didalam hati melakukan proses yang disebut detoksikasi, sehingga tidak meracuni dan merusak sel. (Sipahutar dkk, *Biologi sel*.

### 3.1.2 Ribosom



Gambar 3.4 komponen ribosom  
[www.generasibiologi.com](http://www.generasibiologi.com)

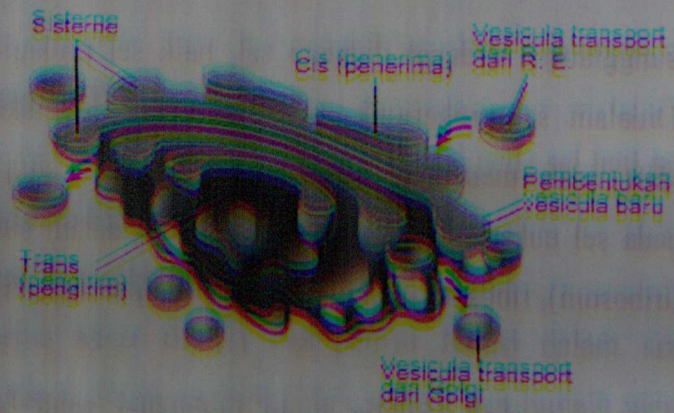
Ribosom sesungguhnya terdapat didalam sel, baik sel prokariotik maupun sel eukariotik. Didalam sel prokariotik, ribosom sering ditemukan bebas dalam sitoplasma dan tidak menempel pada organel-organel sitoplasmik lainnya. Sedangkan pada sel eukariotik, selain tersebar bebas dalam sitoplasma sebagai polisom (poliribosom), ribosom juga menempel pada permukaan RE, teristimewa REK.

Ribosom merupakan struktur multi molekuler yang berperan sebagai pabrik untuk mensintesis protein. Selama tahap penerjemahan (translasi), ribosom menempel dan bergeser sepanjang molekul mRNA. Jumlah ribosom didalam suatu sel sangat banyak dan berbeda-beda sesuai dengan jenis organismenya.

### 3.1.3 Kompleks Golgi

Camilo Golgi (1898) menemukan struktur seperti jala pada sitoplasma saraf. Ia menemukan *the internal reticular apparatus*. Dengan pewarnaan campuran osmium tetraoksida dan ribidium bikromat, golgi dapat menentukan jala itu terletak sekitar inti dan berwarna kuning gelap. Belakangan beberapa ahli sitologi yang menggunakan pewarnaan lain dapat melihat organel yang sama, bukan saja pada sel saraf, tapi juga pada sel jaringan lain. Morfologi kompleks golgi dari sel tanaman maupun sel hewan organel ini mempunyai bentuk seperti piring, bagian tengahnya terdiri dari rongga-rongga berbentuk pipih yang saling bertumpuk dan bagian ini disebut sisterna dan saling berhubungan sesaman. Disamping itu kompleks golgi juga berperan dalam perakitan protein dan lipida berkarbohidrat tinggi yang dikenal dengan proses glikolisis. Pembentuk membran dan dinding sel, pembentukan lisosom dan pembentukan akrosom.





**Gambar : 3.1.3: Badan Golgi**  
Wooceara.blogspot.co.id

### 3.1.4 Mitokondria

Mitokondria merupakan bagian penghasil energi (ATP) yang berfungsi untuk merespirasi. Bentuk dari mitokondria beraneka ragam. Ada yang bulat, oval, silindris, seperti gada, seperti raket, dan ada pula yang bentuknya tidak beraturan. Namun secara umum dapat disebut bahwa mitokondria berbentuk butiran atau benang. Mitokondria memiliki sifat plastis, yang bentuknya mudah berubah. Ukurannya seperti bakteri dengan diameter 0,5- 1 mikro meter dan panjang 3-10 mikro meter.

Mitokondria mempunyai dua membran, yaitu *membran luar* dan *membran dalam*. Proses respirasi berlangsung di membran dalam mitokondria (pada krista) dan matriks. Matriks adalah cairan yang berada didalam mitokondria dan bersifat sebagai gel. Matriks tersusun dari air, protein, enzim respirasi, garam, DNA, dan ion-ion. Enzim-enzim respirasi berperan penting bagi proses pembentukan ATP. Reaksi respirasi yang berlangsung didalam mitokondria dan reaksi dekarboksilasi oksidatif, daur krebs, dan transfer elektron. (Binari manurung, *Biologi Umum*).



**Gambar 3.6 Mitokondria**

### 3.1.6 Kloroplas

Kloroplas adalah plastida yang dapat mengandung klorofil. Kloroplas dapat dijumpai pada sel autotrof yang eukariotik, kloroplas dapat dimiliki oleh sel-sel yang berklorofil, misalnya ganggang, lumut, tumbuhan paku dan tumbuhan bunga.

Bentuk kloroplas beraneka ragam, ada yang seperti jala, magkuk, pita dan lembaran. Pada tumbuhan bunga, kloroplas berbentuk bulat atau lonjong (oval). Ukuran kloroplas sel tumbuhan tingkat tinggi sekitar 4-6 mikro meter. Tiap-tiap sel mengandung 20-40 kloroplas per milimeter persegi. Kloroplas mempunyai dua membran rangkap, yaitu membran luar dan membran dalam. Membran luar memiliki permukaan rata juga berfungsi untuk mengatur keluar masuknya zat. Membran dalam membungkus cairan kloroplas yang disebut *stroma*. (Binari manurung, *Biologi Umum*. (Medan : FMIPA Unimed, 2014). hal: 28. Bagian-bagian yang dimiliki kloroplas antara lain, sebagai berikut :

#### 1. Membran luar

Membran luar pada kloroplas bersifat sangat permeabel sehingga memiliki fungsi dalam mengatur masuk dan keluarnya suatu zat.

#### 2. Ruang antar membran

Merupakan ruang tipis yang memisahkan membran luar dan membran dalam pada kloroplas.

#### 3. Membran dalam

Membran dalam bersifat selektif permeabel dan merupakan membran yang menutupi cairan yang disebut *stroma*.



#### 4. Stroma

Merupakan cairan kloroplas yang berguna untuk menyimpan hasil fotosintesis dalam bentuk pati dan sebagai tempat terjadinya reaksi gelap (siklus calvin). *Stroma* diisi enzim, ribosom, dan DNA.

#### 5. Tilakoid

Kloroplas mengandung sistem membran internal yang ketiga yang disebut membran *tilakoid*. Bagian internal tilakoid dapat disebut lumen tilakoid. Bentuk *tilakoid* seperti tumpukan piringan yang saling berhubungan.

Fungsi struktur tersebut yaitu untuk menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia. Tilakoid berada di dalam stroma, merupakan tempat terjadinya fotosintesis karena berisi cairan yang mengandung klorofil. Membran tilakoid ini merupakan tempat terjadinya reaksi terang.

#### 6. Grana

*Grana* (bentuk tunggal, *Granum*) merupakan tumpukan tilakoid, yang juga memiliki fungsi sebagai tempat terjadinya reaksi terang.

#### 3.1.7 Lisosom

Lisosom (yunani: *lyso* = mencerna, merombak + *soma* = badan) adalah suatu organella sitoplasmik terbungkus membran, mengandung berbagai jenis enzim hidrolitik yang memiliki kemampuan untuk memecah (melisis) hampir seluruh jenis molekul biologis. Istilah lisosom pertama kali diperkenalkan oleh Christian de Duve (Belgia) pada tahun 1950-an.

Enzim lisosom yaitu suatu protein yang dapat diproduksi oleh ribosom dan setelah itu masuk ke RE. Dari RE, enzim dimasukkan ke dalam membran, kemudian dikeluarkan ke sitoplasma menjadi lisosom.

#### • Lisosom pada Sel Hewan

Pada sel hewan lisosom banyak dijumpai pada jaringan hati dan ginjal. Lisosom juga dapat dideteksi pada berbagai jaringan lain pada hewan. Dapat dipastikan bahwa hampir seluruh jenis mamalia memiliki lisosom, kecuali sel darah merah (eritrosit) matang.

#### • Lisosom pada Sel Tumbuhan

Tumbuhan mengandung beberapa jenis hidrolase, tetapi enzim-enzim ini tidak selalu mengalami kompartementalisasi khusus seperti yang terdapat pada sel hewan. Hidrolase ini bisa ditemukan terikat dan berfungsi pada dinding sel. Kehadiran fosfatase asam juga dapat dideteksi pada vakuola beberapa tumbuhan tertentu. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa vakuola tumbuhan adalah organella yang analog dengan lisosom pada hewan, tetapi mungkin tidak benar-benar identik baik dalam struktur maupun fungsinya.

#### • Lisosom pada protista eukariotik

Aktivitas hidrolase asam dapat dideteksi pada berbagai protista seperti protozoa, slime molds, jamur, dan alga. Pada protozoa, aktivitas fosfatase asam dapat ditemukan pada vakuola makanan segera setelah endositosis. Pada slime molds, jamur dan alga, walaupun aktivitas enzim ini dapat dideteksi menggunakan teknik sitokimia, tetapi peranannya dalam sistem tersebut belum diketahui dengan jelas.

Lisosom berfungsi untuk merusak atau menghancurkan materi yang masuk dari luar sel, menghancurkan patogen, mencerna makanan, daur ulang organel yang rusak, dan berperan dalam perkembangan embrio pada hewan.

Proses pencernaan oleh lisosom berlangsung misalnya saat sel menelan bakteri secara *fagositosis*. Lalu bakteri dimasukkan ke dalam vakuola. Vakuola yang terdapat bakteri segera dihampiri lisosom. Membran lisosom dan membran vakuola saling bersinggungan dan bersatu. Enzim lisosom masuk ke dalam vakuola dan dapat mencerna bakteri. Substansi hasil pencernaan lisosom dapat disimpan dalam *vesikel* lalu ditranspor ke membran plasma dan dikeluarkan dari sel.

#### 3.1.8 Peroxisom

Mikrobodi (badan mikro) terbagi menjadi dua macam, masing-masing dengan populasi enzim yang berbeda, yaitu *peroksisom* dan *gliksisom*. Peroxisom ditemukan baik pada sel hewan maupun pada sel tumbuhan, sedangkan gliksisom hanya ditemukan pada tumbuhan. Kedua jenis mikrobodi ini mengandung enzim-



#### 4. Stroma

Merupakan cairan kloroplas yang berguna untuk menyimpan hasil fotosintesis dalam bentuk pati dan sebagai tempat terjadinya reaksi gelap (siklus calvin). *Stroma* diisi enzim, ribosom, dan DNA.

#### 5. Tilakoid

Kloroplas mengandung sistem membran internal yang ketiga yang disebut membran *tilakoid*. Bagian internal tilakoid dapat disebut lumen tilakoid. Bentuk *tilakoid* seperti tumpukan piringan yang saling berhubungan.

Fungsi struktur tersebut yaitu untuk menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia. Tilakoid berada di dalam stroma, merupakan tempat terjadinya fotosintesis karena berisi cairan yang mengandung klorofil. Membran tilakoid ini merupakan tempat terjadinya reaksi terang.

#### 6. Grana

*Grana* (bentuk tunggal, *Granum*) merupakan tumpukan tilakoid, yang juga memiliki fungsi sebagai tempat terjadinya reaksi terang.

#### 3.1.7 Lisosom

Lisosom (yunani: *lyso* = mencerna, merombak + *soma* = badan) adalah suatu organella sitoplasmik terbungkus membran, mengandung berbagai jenis enzim hidrolitik yang memiliki kemampuan untuk memecah (melisis) hampir seluruh jenis molekul biologis. Istilah lisosom pertama sekali diperkenalkan oleh Christian de Duve (Belgia) pada tahun 1950-an.

Enzim lisosom yaitu suatu protein yang dapat diproduksi oleh ribosom dan setelah itu masuk ke RE. Dari RE, enzim dimasukkan ke dalam membran, kemudian dikeluarkan kesitoplasma menjadi lisosom.

##### • Lisosom pada Sel Hewan

Pada sel hewan lisosom banyak dijumpai pada jaringan hati dan ginjal. Lisosom juga dapat dideteksi pada berbagai jaringan lain pada hewan. Dapat dipastikan bahwa hampir seluruh jenis mamalia memiliki lisosom, kecuali sel darah merah (eritrosit) matang.

##### • Lisosom pada Sel Tumbuhan

Tumbuhan mengandung beberapa jenis hidrolase, tetapi enzim-enzim ini tidak selalu mengalami kompartementalisasi khusus seperti yang terdapat pada sel hewan. Hidrolase ini bisa ditemukan terikat dan berfungsi pada dinding sel. Kehadiran fosfatase asam juga dapat dideteksi pada vakuola beberapa tumbuhan tertentu. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa vakuola tumbuhan adalah organella yang analog dengan lisosom pada hewan, tetapi mungkin tidak benar-benar identik baik dalam struktur maupun fungsinya.

##### • Lisosom pada protista eukariotik

Aktivitas hidrolase asam dapat dideteksi pada berbagai protista seperti protozoa, slime molds, jamur, dan alga. Pada protozoa, aktivitas fosfatase asam dapat ditemukan pada vakuola makanan segera setelah endositosis. Pada slime molds, jamur dan alga, walaupun aktivitas enzim ini dapat dideteksi menggunakan teknik sitokimia, tetapi peranannya dalam sistem tersebut belum diketahui dengan jelas.

Lisosom berfungsi untuk merusak atau menghancurkan materi yang masuk dari luar sel, menghancurkan *patogen*, mencerna makanan, daur ulang organel yang rusak, dan berperan dalam perkembangan embrio pada hewan.

Proses pencernaan oleh lisosom berlangsung misalnya saat sel menelan bakteri secara *fagositosis*. Lalu bakteri dimasukkan ke dalam vakuola. Vakuola yang terdapat bakteri segera dihampiri lisosom. Membran lisosom dan membran vakuola saling bersinggungan dan bersatu. Enzim lisosom masuk ke dalam vakuola dan dapat mencerna bakteri. Substansi hasil pencernaan lisosom dapat disimpan dalam *vesikel* lalu ditranspor ke membran plasma dan dikeluarkan dari sel.

#### 3.1.8 Peroxisom

Mikrobodi (badan mikro) terbagi menjadi dua macam, masing-masing dengan populasi enzim yang berbeda, yaitu *peroksisom* dan *gliksisom*. Peroxisom ditemukan baik pada sel hewan maupun pada sel tumbuhan, sedangkan gliksisom hanya ditemukan pada tumbuhan. Kedua jenis mikrobodi ini mengandung enzim-



enzim katalase dan oksidase, tetapi sebagai tambahan terhadap enzim-enzim tersebut gliksosom juga mengandung enzim-enzim yang dibutuhkan dalam siklus gliksilat.

Organel ini juga memiliki peranan penting dalam kehidupan sel, diantaranya adalah :

- Peroksisom memiliki peran penting dalam proses oksidasi di dalam sel, yakni mengubah dan memecah lemak secara menyeluruh.
- Peroksisom berfungsi untuk memecah hidrogen peroksida yang merupakan senyawa beracun, menjadi molekul atau zat yang dibutuhkan tubuh yaitu oksigen dan air.

### 3.1.9 Vakuola

Vakuola sel tumbuhan bersifat tetap. Sel-sel tumbuhan yang memiliki vakuola besar biasanya adalah sel-sel makanan, pigmen dan minyak asiri (mudah menguap), serta tempat menimbun (menyimpan) sisa metabolisme.

Tempat penumpukan sisa metabolisme dan metabolit sekunder seperti Ca-oksalat, tanin, getah karet, dan alkaloid. Ca-oksalat terbentuk dari kristal dan banyak terdapat pada sayuran, misalnya pada daun bayam dan daun pepaya.

Alkaloid banyak dijumpai pada tumbuhan untuk jamu tradisional, misalnya kunyit, jahe, dan temulawak. Tempat menyimpan zat makanan. Amilum dan gula disimpan dalam vakuola dan jika diperlukan dapat digunakan kembali. Misalnya di akar ketela\_pohon (tepung) dan batang\_tebu (gula). Masuknya air menuju tonoplas untuk membangun turgiditas sel. Vakuola dengan dinding sel saling berperan dalam turgiditas sel atau kekakuan sel.

Menyimpan pigmen. Pada sel-sel mahkota bunga, di bagian vakuola terdapat pigmen-pigmen warna. Yang berwarna merah, biru, kuning, dan warna lain. Itulah sebabnya mahkota bunga mempunyai berbagai macam warna yang menarik serangga. Menyimpan minyak atsiri. Minyak atsiri termasuk minyak eteris, contohnya minyak kayu putih, pepermin, dan aroma harum pada bunga.

### 3.1.10 Sentriol

Sentriol merupakan organel yang dapat dilihat ketika sel mengadakan pembelahan. Pada fase tertentu dalam daur hidupnya sentriol memiliki silia atau flagela. Sentriol hanya dijumpai pada sel hewan, sedangkan pada sel tumbuhan tidak. Sentriol terletak saling tegak lurus antara sesamanya didekat nukleus.

Pada saat pembelahan mitosis, sentriol terbagi menjadi dua, di tiap-tiap bagian menuju ke kutub sel. Maka dari itu terbentuklah benang-benang spindel yang menghubungkan kedua kutub tersebut. Benang spindel berfungsi "menarik" kromosom menuju ke kutub masing-masing.

Fungsi sentriol antara lain adalah sebagai pusat pengorganisasian mikrotubula, merupakan peristiwa penting dalam proses selular utama, yaitu pembelahan sel dan pembentukan flagela. Sentriol ini ditemukan dalam pembentukan serat spindel untuk memisahkan kromosom selama pembelahan sel (mitosis). Selama tahap anafase dari pembelahan sel kromosom ditemukan bergerak ke arah kutub yang semua karena sentriol ini. Tanpa bantuan mereka gerakan kromosom tidak akan mungkin terjadi.

### 3.1.11 Sitoskelet

Sitoskelet (sitoskeleton) atau kerangka sel adalah jaring berkas-berkas protein yang menyusun sitoplasma dalam sel. Dengan adanya sitoskeleton sel dapat memiliki bentuk yang kokoh, berubah bentuk maupun mengatur posisi organel, berenang, serta menyerap dipermukaan. Sitoskeleton terdiri dari tiga macam yaitu:

- **Mikrotubul**, yaitu tersusun atas dua molekul protein tubulin yang bergabung membentuk tabung. Fungsinya memberikan ketahanan terhadap tekanan pada sel, perpindahan sel (pada silia dan flagella), pergerakan kromosom saat pembelahan sel (anafase), membentuk sentriol pada sel hewan.
- **Mikrofilamen**, yaitu merupakan filamen protein kecil yang tersusun atas dua rantai protein aktin yang terpilin menjadi satu. Mikrofilamen berfungsi untuk memberi tegangan pada sel, mengubah bentuk sel, kontraksi otot, aliran sitoplasma, perpindahan sel (misalnya pseudopodia) dan pembelahan sel.



- **Filamen intermediet**, yaitu rantai molekul protein yang berbentuk untaian yang saling melilit. Filamen ini mempunyai diameter 8-10 nm. Disebut filamen intermediet atau filamen antara karena berukuran diantara ukuran mikrotubulus dan mikrofilamen. Contohnya adalah sel kulit tersusun dari protein keratin.

**Fungsi sitoskeleton yaitu :**

- Menahan dan mempertahankan bentuk sel. Sitoskeleton akan membuat sel tidak terlalu lunak dan ada kemungkinan untuk kembali ke bentuk yang semula.
- Jaringan sitoskeleton juga dapat menahan organel-organel sel agar selalu berada di tempatnya masing-masing. Organel sel perlu dipertahankan di tempat yang tepat supaya proses-proses fisiologis dalam sel dapat berlangsung dengan sempurna.
- Jaringan jalur yang mendukung gerakan material dalam sel. Materi-materi dalam sel seperti mRNA perlu didukung oleh sitoskeleton agar dapat sampai di tempat tujuannya, misalnya untuk menuju ribosom.
- terbentuk silia dan flagella sebagai alat pergerakan sel. Sel sperma mempunyai flagella panjang yang diperlukan untuk bergerak dalam saluran reproduksi wanita hingga bertemu ovum. Silia dimiliki oleh protozoa semisal paramaecium yang bergerak di dalam air.
- Komponen penting dalam pembelahan sel. Sitoskeleton dapat membentuk benang-benang spindel yang dapat berperan untuk mengikat dan menarik kromosom saat mitosis maupun meiosis.

### 3.2 Interdependensi Organela (2)

#### 3.2.1 Jalur Biosintesis

Organella yang berperan penting dalam proses biosintesis diantaranya Retikulum Endoplasma dan kompleks Golgi.

- RE apabila diamati tampak berupa lembaran yang terlipat-lipat, mengelilingi suatu ruangan yang disebut lumen atau sisterna yang berbentuk labirin.
- Apabila diamati lebih dalam RE terdiri dari tubulus-tubulus, vesikel dan kantong-kantong pipih yang menempati ruang sitoplasma.

Beberapa enzim yang berperan penting dalam RE adalah:

- Glukosa-6-fosfatase yang berfungsi untuk metabolisme karbohidrat
- Sitokrom p450 yang berfungsi sebagai transpor elektron dan reaksi hidroksilasi
- Sitokrom b5 yang berfungsi sebagai transpor elektron. Cairan yang pada lumen RE mengandung holoprotein, glikoprotein, lipoprotein, dan sejumlah enzim hidrolase.

### RE SEBAGAI PUSAT BIOSINTESIS SEL

Yaitu butir-butir ribosom pada membran REK akan mensintesis rantai polipeptida, yang elongasinya (pemanjangannya) tidak berada disitosol melainkan menebus membran RE. Sebagian dari polipeptida ini tetap berada didalam membran menjadi protein transmembran, sedangkan bagian yang lain dilepas diantara sisterna RE. Protein transmembran yang dapat dihasilkan diperuntukkan bagi membran sel organela lainnya, sedangkan protein-protein yang dituangkan kedalam lumen RE diperuntukkan bagi organela lainnya atau diskresikan. Sintesis kolestrol dari asam asetat berlangsung di membran RE juga, yaitu mengubah kolestrol menjadi asam empedu dan hormon steroid sesungguhnya merupakan proses hidroksilasi yang melibatkan oksigen, NADPH, dan sitokrom P450.

#### 3.2.2 SEKRESI

Sekresi adalah proses mengelaborasi, melepaskan dan mengeluarkan bahan-bahan kimia dari sel atau kelenjar. Banyak sel menskresikan protein kelingkungan luar sel, hormon, neurotransmiter, enzim-enzim pencernaan, antibodi, dan mukus. Selain itu, sekresi juga dapat diartikan sebagai proses pemasukan dan transformasi molekul-molekul kecil melalui biosintesis intrasel, menjadi produk yang lebih kompleks yang kemudian dibebaskan secara aktif dari sel.

Ada dua cara bersekresi yaitu jalur sekresi terjadwal dan jalur sekresi konstitutif. Pada jalur sekresi terjadwal, sel = sel kelenjar memekatkan dan menyimpan produknya dalam granula bermembran sampai ada sinyal neural atau hormon untuk melepaskannya. Sedangkan jalur sekresi konstitutif, produk



langsung disangkut ke permukaan sel dalam vesikel = vesikel kecil yang tidak terdeteksi dengan mikroskop cahaya.

Organel yang terlibat dalam proses sekresi sel adalah:

**a. Ribosom**

Didalam ribosom terdapat partikel yang kompak/padat, terdiri dari ribonukleoprotein, melekat atau tidak pada permukaan external dari membran RE, yang memungkinkan sintesa protein.

**b. Retikulum endoplasma**

Merupakan kumpulan kantung seperti membran berbentuk pipa gelembung dan kantung pipih yang meluas dari sitoplasma sel eukariot.

**c. Lisosom**

Pada sel hewan, lisosom melakukan suatu aktifitas yang sangat penting terkait dengan peristiwa lain diluar sel. Contoh yang paling populer adalah peranan lisosom dalam mekanisme pelepasan hormon kelenjar pituitari dan kelenjar tiroid.

Pada sel tumbuhan, umumnya sel tubuhan tidak memiliki kemampuan untuk menelan (mengambil) partikel besar, terutama karena adanya dinding sel. Dengan demikian sekresi hidrolase yang ditujukan untuk melakukan pencernaan ekstrasel menjadi suatu proses yang sangat penting pada tumbuhan.

**Pilihan Ganda :**

1. Melindungi isi sel termasuk dari organel...

- Membrane plasma
- Retikulum endoplasma
- Sitoplasma
- Sentirol
- Nucleus

2. Sel yang memiliki membrane inti adalah...

- a. Sel prokariotik
- b. Ribosom
- c. Sel eukariotik
- d. Lisosom
- e. Komplek golgi

3. Komplek golgi memiliki fungsi, kecuali...

- a. Menambah gliksilat pada protein
- b. Sebagai organel sekretori
- c. Membentuk dinding sel tumbuhan
- d. Untuk menyampaikan informasi genetic da sintesis protein
- e. Membentuk lisosom

4. Ribosom terdiri dari unit besar dan unit kecil ribosom di sintesis oleh...

- a. Nucleus
- b. Nukleolus
- c. Sentirol
- d. Retikulum endoplasma
- e. Sitoplasma

5. Membrane yang membentuk kantong kecil yang berisi enzim hidrolitik disebut...

- a. Lisosom
- b. Lisozim
- c. Ribosom
- d. Sentirol
- e. Mitokondria



6. Badan mikro memiliki peroksisom yang berfungsi untuk...

- a. Untuk melakukan respirasi
- b. Untuk menghasilkan enzim
- c. Untuk mengola makanan
- d. Untuk penyusun sentriol
- e. Untuk pembentukan membrane inti

7. Penghasil energy ATP berfungsi untuk respirasi disebut...

- a. Peroksisom
- b. Mikrotubulus
- c. Glioksisom
- d. Komplek golgi
- e. Mitokondria

8. Reaksi respirasi yang terjadi pada mitokondria, kecuali..

- a. Reaksi derkaboksilasioksidatif
- b. Daur kreab
- c. Transfor electron
- d. Metabolisme lemak
- e. Perkecambahan biji

9. Mikrofilamen mempunyai dua protein yaitu...

- a. Aktin dan mioksin
- b. Lemak dan protein
- c. Asam amino
- d. Nukleutida
- e. Karbohidrat

### Essay :

1. Sebutkan struktur sel eukariotik ?
2. Apakah yang disebut dengan lisozim ?
3. Jelaskan perbedaan membrane nucleus luar dan membrane nucleus dalam ?
4. Jelaskan yang dimaksud dengan reticulum endoplasma ?
5. Jelaskan perbedaan RE kasar dan RE halus ?



## Glosarium

<b>Kompleks Golgi</b>	: Organel polimorfik tersusun atas membran ke kantong pipih
<b>Lisosom</b>	: Membran yang membentuk kantong kecil yang berisi enzim
<b>Membran Plasma</b>	: Bagian luar sel untuk melindungi isi sel
<b>Nukleus</b>	: Organel terbesar di dalam sel (inti sel)
<b>Retikulum Endoplasma</b>	: Letaknya pada bagian sitoplasma, RE terbagi 2, yaitu RE kasar dan RE halus
<b>Ribosom</b>	: untuk mengolah protein
<b>Sitoplasma</b>	: Cairan yang berada di dalam sel

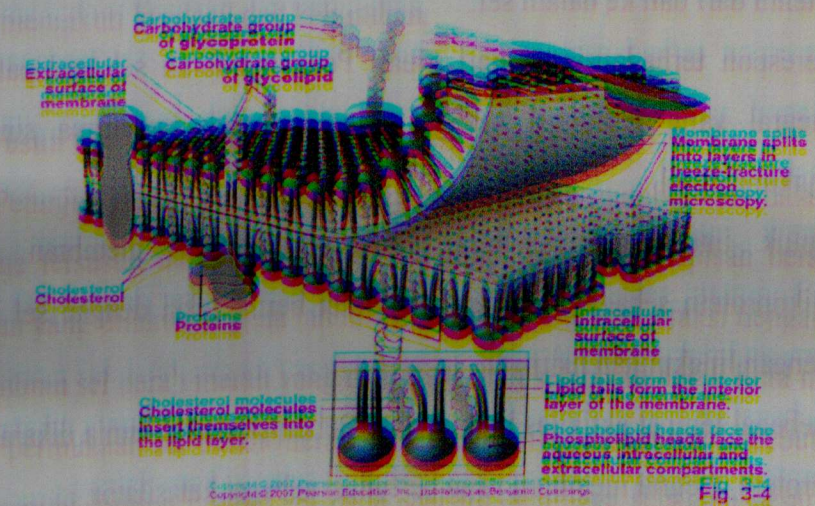
## BAB IV

### SISTEM MEMBRAN

#### 4.1: Aspek Kimia Membran (model Mosaik Cair)

##### 4.1.1: Pengertian Sistem Membran

Membran sel merupakan membran yang dimiliki oleh semua jenis sel yang berupa lapisan, yang disebut dengan membran plasma yang memisahkan sel dengan lingkungan di luar sel. Salah satu fungsinya adalah untuk melindungi inti sel dan sistem kelangsungan hidup yang bekerja didalam sitoplasma.



Gambar 3.7 Sistem Membran

<http://cacatanipa.blogspot.co.id/2018/03/fungsi-membran-sel.html>

Membran sel atau membran plasma adalah struktur selaput tipis yang menyelubungi sebuah sel yang membatasi keberadaan sebuah sel, sekaligus juga memelihara perbedaan-perbedaan pokok antara isi sel dengan lingkungannya. Namun membran sel tersebut tidak sekedar merupakan sebuah penyekat pasif, melainkan juga sebuah filter yang memiliki kemampuan memilih bahan-bahan yang melintas dengan tetap memelihara perbedaan kadar ion dari luar dan dari dalam sel. Bahan-bahan yang diperlukan oleh sel dapat masuk kedalam sel, sedangkan bahan-bahan yang merupakan limbah sel dapat melintas ke luar sel.

Membran sel atau disebut juga dengan Membran Plasma merupakan struktur khusus yang tersusun atas molekul lipid, protein, karbohidrat, dan



kolesterol. Membran sel memiliki ketebalan sekitar 5-10  $\mu\text{m}$ . Fungsi membran sel di antaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Sebagai pembungkus isi sel dan membentuk sistem Endomembran di dalam sel. Endomembran di dalam sel tersebut untuk membungkus retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, dan lisosom.
- 2) Merupakan selaput yang bersifat Semipermeabel. Membran sel berfungsi untuk menyaring masuknya zat-zat ke dalam sel sehingga tidak semua zat dapat menembus membran sel.
- 3) Sebagai sarana traspor larutan dari dan ke dalam sel. Membran sel berfungsi dalam membantu memasukkan dan mengeluarkan senyawa-senyawa tertentu dari dan ke dalam sel.
- 4) Merespon terhadap sinyal dari luar. Pada membran sel terdapat protein integral yang berfungsi sebagai reseptor untuk menerima sinyal dari lingkungan sel.
- 5) Untuk interaksi interseluler, yaitu protein-protein membran sel dan glikoprotein sebagai perantara sel untuk berinteraksi dengan sel lain atau dengan lingkungan luarnya.
- 6) Sebagai tempat aktivitas biokimiawi. Beberapa reaksi kimia dikatalisis oleh protein integral membran yang berfungsi sebagai katalisator.
- 7) Untuk transduksi energi, misalnya membran dalam (inner membran) pada kloroplas berfungsi untuk mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dalam fotosintesis.

## 1. Struktur Membran Sel

Sebelum membran sel berhasil diisolasi, sebagian besar teori tentang struktur membran sel didasarkan atas data yang diperoleh secara tidak langsung. Misalnya pada tahun 1902 oleh Overton diajukan teori bahwa membran sel merupakan lapisan tipis lipid, karena zat-zat yang larut dalam lipid dapat menembus membran sel. Sedangkan dari beberapa sifat membran sel yang lain, yaitu oleh Danielli diusulkan bahwa membran sel terdiri atas lapisan rangkap lipid yang diapit oleh lapisan protein pada kedua sisinya.

Sebelum diajukan teori membran sel oleh Singer dan Nicolson pada tahun 1972, teori-teori tentang struktur membran sel dapat disimpulkan ke dalam 3 kelompok, yaitu:

1. **Teori lembaran (*Leaflet theory*)**, adalah teori yang pada dasarnya menyatakan bahwa membran sel tersusun oleh lapisan-lapisan.
2. **Teori bola-bola (*globular theory*)**, merupakan teori yang menyatakan bahwa komponen lipid-protein berbentuk sebagai bola-bola yang tersusun membentuk lembaran.
3. **Teori dinamis**, adalah teori yang menyatakan bahwa struktur membran sel dapat berbentuk lembaran berlapis dan dapat berubah menjadi susunan bola-bola mengikuti keadaan dan kebutuhan.

## 2. Penyusun Membran Sel

Petunjuk pertama yang mengisyaratkan bahwa membran sel dalam tubuh organisme tersusun dari molekul-molekul lipid dalam dua lapisan berasal dari percobaan yang dilakukan pada tahun 1925. Lipid yang diekstraksi dengan aseton dari membran sel darah merah yang ditempati oleh selapis molekul lipid memiliki luas 2 x permukaan sel darah merah. Kesimpulannya, percobaan tersebut sangat mempengaruhi konsep biologi sel pada saat itu, sehingga sebagian besar model struktur membran sel berdasarkan asumsi tersusun oleh molekul lipid dalam dua lapisan dapat diterima sebelum struktur sebenarnya dapat dipastikan kebenarannya.

Selanjutnya pada pengkajian dengan difraksi sinar-X pada berbagai membran organisme menunjukkan bahwa molekul-molekul lipid tersusun dalam dua lapisan. Kesimpulan ini didukung oleh kenyataan bahwa membran sel tersebut dapat dibelah secara mekanik melalui bidang tengahnya menjadi dua lembar lapisan tunggal, apabila membran sel tersebut dibekukan terlebih dahulu.

Tersusun molekul-molekul lipid dalam dua lapisan tersebut, tidak lain disebabkan oleh sifat-sifat khusus dari molekul lipid itu sendiri. Molekul fosfolipid terdiri atas dua bagian, yaitu : bagian hidrofilik yang dekat dengan air dan hidrofobik yang jauh (menjauh) dari air. Untuk melindungi bagian hidrofobik bersentuhan dengan air terbentuklah 2 lapisan, sehingga bagian hidrofilik terpapar



oleh air. Molekul lipid sebenarnya tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam berbagai pelarut organik. Dari sebagian lapisan lipid sebuah sel hewan seluas 1 mikrometer x 1 mikrometer, dapat diperoleh sebanyak  $5 \times 10^6$  molekul lipid atau sebanyak  $10^6$  molekul apabila diambil dari seluruh permukaan sel.

Molekul molekul lipid dari membran sel ternyata tersusun, dari 3 jenis yaitu:

1. Fosfolipid, terbanyak diantara yang lain
2. Kolesterol
3. Glikolipid

Ketiga jenis lipid tersebut bersifat amfipatik, artinya molekulnya memiliki ujung hidrofobik atau nonpolar (menjauhi air) dan ujung hidrofilik atau polar (mendekati air). Molekul fosfolipid digambarkan sebagai bentuk yang memiliki kepala (ujung polar) dan dua ekor (ujung nonpolar).

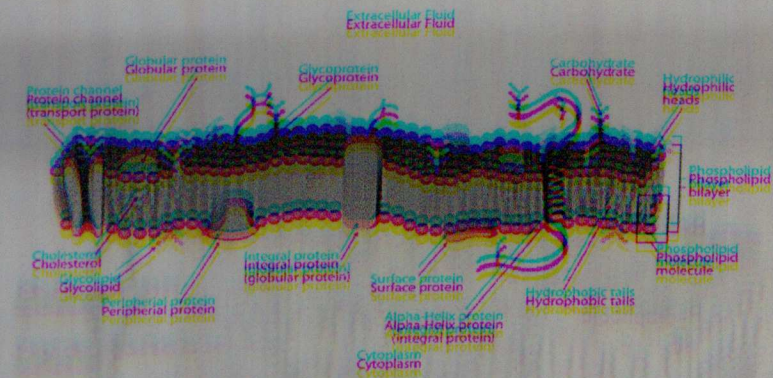
Bentuk ekor tersebut berasal dari dua molekul asam lemak yang terikat pada molekul gliserol dengan tiga karbon dan bentuk kepala berasal dari ikatan molekul dengan asam fosfat. Panjang ekor beragam, mulai dari 14-24 atom karbon, yang biasanya salah satunya berasal dari gugus asam lemak jenuh, sedangkan ekor yang lain berasal dari gugus asam lemak tidak jenuh. Adanya ikatan rangkap dua atom karbon menyebabkan membengkoknya rantai gugus asam lemak.

Model umum yang dapat menjelaskan tentang struktur membran plasma disebut dengan *model mosaik cair*. Menurut model tersebut, sebuah membran plasma terdiri dari lapisan ganda yang disusun oleh fosfolipid dan protein. Lapisan ganda tersebut dapat ditembus sehingga molekul-molekul tertentu dapat masuk dan keluar sel.

Pada struktur model mosaik cair, sisi kepala dari tiap-tiap molekul fosfolipid menghadap keluar membran plasma (mengarah ke air) sehingga disebut *hidrofilik* (suka air, *hidro* = air, *phile* = suka). Sedangkan ekor atau ujung yang lainnya menghadap ke dalam membran plasma (menjauhi air) sehingga disebut *hidrofobik* (menolak air, *phobia* = takut).

Banyak ilmuwan yang telah memberikan pendapat tentang model membran sel, namun model membran sel yang diakui saat ini adalah model membran sel

menurut Singer dan Nikolson (model membran mosaik cair). Model membran sel yang diusulkannya merupakan penyempurnaan dari berbagai model membran yang telah diusulkan oleh para ilmuwan sebelumnya. Berikut merupakan berbagai model membran yang pernah diusulkan oleh para ilmuwan.



Gambar 3.8 Struktur Membran Plasma

<http://www.edubio.info/2018/03/struktur-dan-fungsi-membran-plasma.html>

#### A. Model Membran Menurut Charles Overton (1895)

Senyawa hidrofobik lebih cepat masuk ke dalam sel daripada senyawa hidrofilik. Pada bagian luar sel terdapat senyawa hidrofobik yang mudah larut. Overton menduga bahwa lapisan tersebut terdiri atas kolesterol, lesitin dan minyak lemak. Berdasarkan pengamatannya, ia mempostulatkan bahwa zat yang larut dalam lipid dapat memasuki sel jauh lebih cepat daripada zat yang tidak larut dalam lipid.

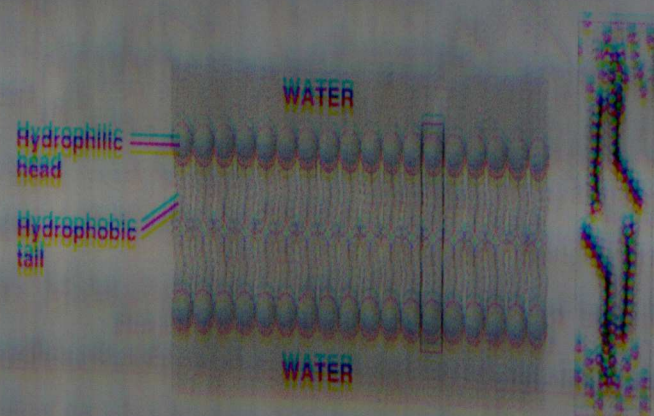
Sedangkan Langmuir menemukan bahwa bila suatu lipida yang terdiri dari molekul yang memiliki bagian polar (hidrofilik) dan non-polar (hidrofobik) bila ditetaskan pada air, lipida tersebut akan meluas membentuk lapisan monomolekul. Bagian hidrofilik setiap molekul mengarah ke air, sedangkan bagian hidrofobiknya menjauhi air.

Menurut Plowe, lapisan luar protoplasma pada sel tumbuhan merupakan suatu lapisan elastik yang berbeda dari bagian lain sitoplasma dan disebut plasmalemma atau membran plasma. Menurut Plowe, membrane plasma adalah suatu satuan fisik yang mempunyai suatu organisasi molekul yang memisahkan membran plasma dari bagian lain sel.



### B. Model Membran Menurut Gorter dan Grendel (1925)

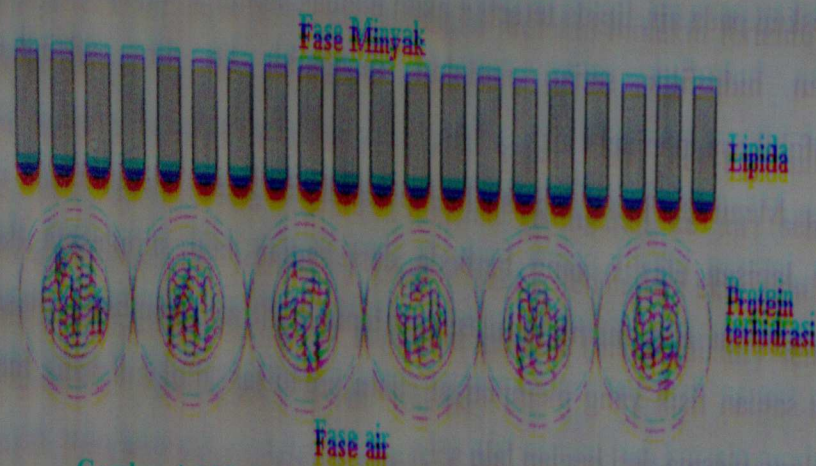
Menurut Gorter dan Grendel, membran sel dibentuk oleh molekul lipid bilayer. Ujung polar molekul lipid pada satu lapisan mengarah ke luar, sedangkan ujung polar lipid pada lapisan yang lain mengarah ke dalam atau mengarah ke sitoplasma.



Gambar 3.9 Model Membran menurut Gorter dan Grendel  
<http://whanday.blogspot.co.id/2018/03/sejarah-perkembangan-membran-sel.html>

### C. Model membran menurut J.F. Danielli dan E.N. Harvey (1933)

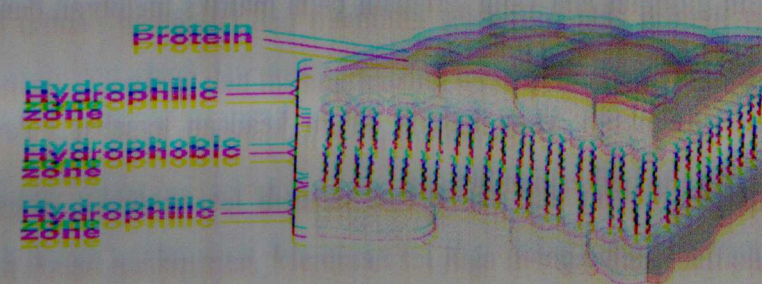
Danielli dan Harvey mengusulkan bahwa membran plasma terdiri atas dua fase yaitu fase cair dan fase minyak. Bagian lipid yang hidrofobik mengarah ke fase cair. Protein terhidrasi bekerja sebagai suatu buffer diantara kepala lipid yang hidrofilik dan fase cair.



Gambar 4.4 Model Menurut J.F Danielli dan E.N. Harvey  
<http://whanday.blogspot.co.id/2018/03/sejarah-perkembangan-membran-sel.html>

### D. Model membran menurut Danielli dan Davson (1954)

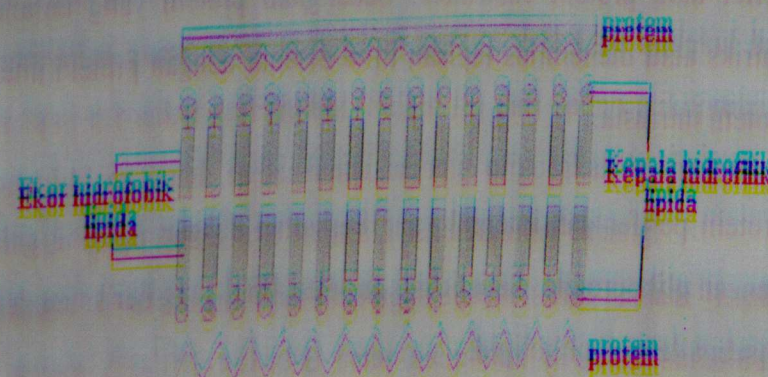
Mereka mengemukakan bahwa membran plasma terdiri dari dua lapisan lipidaprotein. Molekul lipid amfipatik mengarah dengan daerah hidrofobik ke arah fase minyak dan permukaan lain mengarah ke daerah eksternal. Protein terhidrasi berperan sebagai suatu buffer pelapis antara kepala lipid yang hidrofilik dan fase cair.



Gambar: 4.1 Model Membran Danielli dan Davson  
<http://whanday.blogspot.co.id/2018/03/sejarah-perkembangan-membran-sel.html>

### E. Model membran menurut Robertson (1957)

Menurut Robertson, membran plasma merupakan struktur berlapis tiga yang terdiri dari dua lapisan terluar yang padat, terdiri atas protein dengan tebal masing-masing 2,0 nm dan lapisan tengah yang berupa lipid dengan tebal 3,5 nm. Jadi tebal membran keseluruhan adalah 7,5 nm. Ketiga lapisan membran tersebut disebut Unit Membran.



Gambar 4.1 Model Membran Robertson  
<http://whanday.blogspot.co.id/2018/03/sejarah-perkembangan-membran-sel.html>

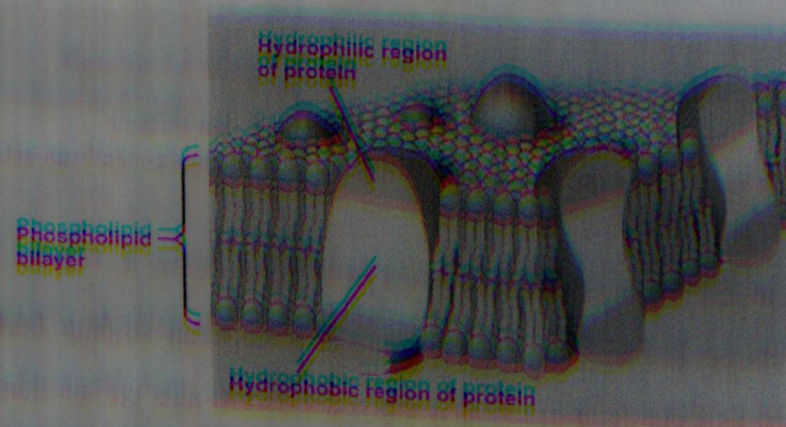


Protein pada permukaan bilayer lipid memiliki konformasi memanjang tetapi asimetris. Model membran Robertson tidak dapat menerangkan sifat-sifat permeabilitas dan transport zat melintasi membran.

#### F: Model Membran Menurut Singer dan Nikolson (1972)

Singer dan Nikolson mengemukakan bahwa, membran sel memiliki ketebalan berkisar 8,5 nm. Membran plasma terdiri dari :

- Lapisan lipid bilayer, yaitu lapisan yang dikelilingi oleh protein globular. Protein globular ada yang tertanam pada matriks membran dan ada yang terikat pada polar lipid.
- Protein membran, yang berada dalam keadaan tersebar bukan sebagai lapisan yang berkesinambungan



Gambar 4.3 Sistem Membran Singer dan Nikolson  
<http://slideplayer.info/2018/03/slide/12445541/>

- Protein yang terikat pada permukaan polar lipid disebut dengan protein perifer atau protein ekstrinsik. Sedangkan protein yang tertanam pada matriks atau menembus lapisan lipid disebut dengan protein integral atau protein intrinsik.
- Protein perifer dan integral yang berkaitan dengan molekul gula disebut dengan glikoprotein. Sedangkan molekul lipid yang berikatan dengan gula disebut dengan glikolipid.

#### Aspek Kimia Membran (Model Mosaik Cair)

Membran sel atau biasa disebut juga dengan membran plasma merupakan lapisan paling luar dari sel yang bertugas melindungi sel secara keseluruhan dari interaksi dengan lingkungan luar, menjaga segala aktivitas yang terjadi di dalam sel, dan menyeleksi transportasi makanan dari luar ke dalam sel. Pada tahun 1972, Seymour Jonathan Singer dan Garth Nicholson mengemukakan model mosaik fluida untuk menjelaskan struktur membran sel. Dalam model mosaik cair membran merupakan struktur yang bersifat fluida (tidak mempunyai bentuk yang tetap dan mudah mengalir) dan membran sel terdiri atas protein yang tersusun seperti mozaik (tersebar) dan masing-masing tersisip di antara dua lapis fosfolipid (lipid paling melimpah di sebagian besar membran).

Semua membran sel disusun dari lemak dan protein, setiap komponen diikat oleh ikatan nonkovalen. Membran sel juga mengandung karbohidrat. Rasio antara lemak dan protein bervariasi, tergantung dengan tipe membran seluler. Misalnya antara membran plasma dan retikulum endoplasma atau pun tipe organisme, misalnya antara prokariot dan eukariot. Sebagai membran mitokondria memiliki rasio protein atau lemak yang tinggi dibandingkan membran plasma pada sel darah merah.

#### 4.1.2 Karbohidrat

Semua sel eukariotik mempunyai karbohidrat pada permukaannya yang kebanyakan berbentuk sebagai rantai oligosakarida dan terikat dengan protein membran (glikoprotein), sebagian kecil terikat pada lipid (glikolipid). Sebagian besar dari protein membran yang dapat terlihat pada permukaan membran sel diduga mengikat gugus gula, sedangkan kurang dari 1/10 molekul lipid lapisan luar dari lipid mengikat karbohidrat. Selain itu dari setiap glikoprotein sebagian besar memiliki sejumlah rantai-rantai cabang oligosakarida, namun sebaliknya setiap molekul glikolipid hanya memiliki sebuah rantai cabang.

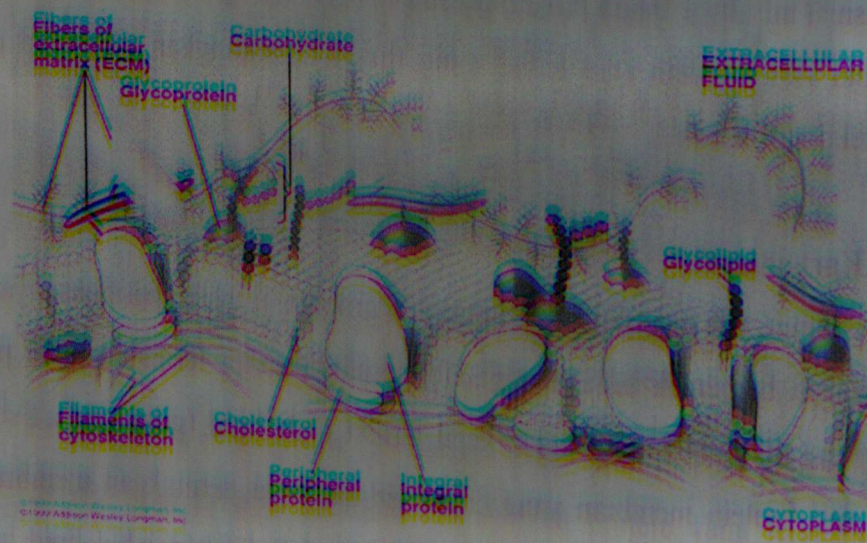
Secara keseluruhan, perbandingan karbohidrat dalam membran sel berkisar antara 2%-10% terhadap berat membran. Molekul karbohidrat selalu berada pada permukaan membran sel yang tidak berhadapan dengan sitoplasma.



Inilah salah satu penyebab adanya bentuk asimetri dari membran sel yang terbentuk dari dua lapisan lipid.

Adanya molekul karbohidrat yang berlebihan pada beberapa sel eukariotik memberikan terminologi khusus, sekaligus sebagai selubung sel atau glikokaliks. Terkadang, selubung sel ini mudah ditunjukkan dalam pengamatan mikroskop cahaya dengan pewarnaan khusus. Apakah kepentingan molekul karbohidrat pada permukaan sel (membran sel)? Dari lebih 100 jenis monosakarida yang terdapat di alam, hanya 3 jenis yang ditemukan pada molekul glikoprotein dan glikolipid membran. Monosakarida yang paling utama adalah galaktose, manosa, fukose, galaktosamin, glukosamin, glukose, dan asam sialik.

Fungsi dari rantai cabang oligosakarida pada glikolipid dan glikoprotein embran sel belum begitu jelas. Gugus oligosakarida membran membantu agar molekul protein dapat terpancang kuat dalam membran sel dan berperan menstabilkan struktur protein.



Gambar: 4.4 Karbohidrat  
<http://www.biologi-sel.com/2018/03/membran-plasma.html>

Kompleksitas dari beberapa oligosakarida pada glikoprotein dan glikolipid membran sel yang terpapar pada permukaan sel, memberikan petunjuk bahwa mereka sangat penting dalam proses pengenalan dalam komunikasi antar sel. Hal ini sangat jelas terdapat pada sel-sel yang terlibat dalam sistem imunitas.

Karbohidrat berperan dalam pengenalan sel dengan sel kemampuan sel untuk membedakan tipe-tipe sel yang bertetangga, bersifat krusial bagi fungsi organisme. Misalnya, sangat penting untuk memilah-milah sel menjadi berbagai jaringan dan organ dalam embrio hewan. Pengenalan sel dengan sel menjadi dasar penolakan sel asing (penolakan organ cangkokan atau transplantasi) oleh sistem kekebalan. Karbohidrat pada membran merupakan rantai pendek bercabang yang tersusun kurang dari 15 unit gula sebagian diantaranya berikatan kovalen dengan lipid, dan membentuk molekul yang disebut glikolipid (*glycolipid*). Akan tetapi sebagian besar karbohidrat tersebut berikatan kovalen dengan protein, dan membentuk glikoprotein.

#### 4.1.3 Lipida (lemak)

Untuk pertama kalinya, lapisan lipid ditemukan melalui percobaan pada tahun 1925 yang menggunakan aseton untuk mengeskraksi lipid dari membran sel darah merah. Ditemukan bahwa molekul lipid memiliki luas dua kali permukaan sel. Pada saat itu disimpulkan bahwa terdapat dua lapisan lemak walaupun struktur membran sel yang seperti sekarang yaitu fosfolipid bilayer belum dapat dipastikan kebenarannya saat itu. Beberapa tahun kemudian, setelah ditemukan metode pengkajian difraksi sinar X, ditemukanlah bahwa lapisan lipid tersusun atas dua lapis pada membran sel.

Molekul lipid pada membran sel memiliki sifat yang sama dengan molekul lipid lainnya yaitu tidak dapat larut dalam air, akan tetapi dapat larut dalam pelarut organik. Lapisan lipid pada membran sel tersusun atas 3 jenis yaitu fosfolipid, kolesterol, dan glikolipid. Ketiga jenis molekul lipid tersebut bersifat amfipatik atau memiliki dua kutub yaitu satu bersifat suka terhadap air (hidrofilik) atau polar terhadap air, dan kutub lain yang tidak suka terhadap air atau (hidrofobik) atau nonpolar terhadap air. Contoh salah satu molekul lipid yaitu fosfolipid memiliki kepala yang bersifat polar dan dua ekor yang bersifat nonpolar. Panjang ekor fosfolipid mulai dari 14-24 atom karbon yang umumnya berasal dari gugus asam lemak jenuh. Adanya ikatan rangkap pada dua atom karbon menyebabkan membengkoknya rantai gugus asam lemak. Apabila molekul-molekul lipid yang bersifat amfipatik tersebut berada di lingkungan air,

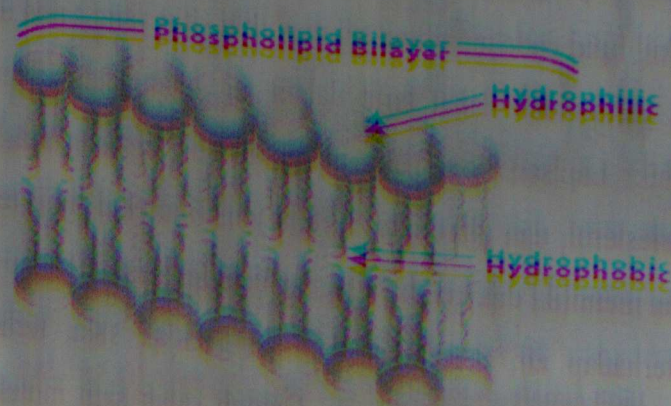


maka akan cenderung menyusun diri sehingga bagian ekor yang bersifat hidrofobik akan terlindung dari air. Sel akan bertindak dengan 2 cara untuk melindungi bagian ekor dari lingkungan air, yaitu:

- Membentuk bola-bola, yaitu ekor mengarah ke pusat bola
- Membentuk susunan dwi lapisan

Berdasarkan percobaan secara in-vitro (di dalam laboratorium), ditemukan bahwa terjadi gerakan = gerakan dalam lapisan lipid pada membran sel yaitu:

- Molekul lipid pindah dari satu lapisan ke lapisan lain menggunakan gerakan yang disebut "flip-flop", akan tetapi hal ini jarang terjadi
- Difusi lateral, yaitu molekul lipid pada membran sel berpindah tempat dalam lapisannya sendiri.
- Gerakan rotasi, yaitu molekul lipid pada membran sel berputar pada sumbu molekul
- Ekor rantai molekul lipid dapat mengadakan gerakan fleksi.
- Sifat lapisan lipid pada membran sel yaitu seperti cairan atau sifat fluiditasnya cukup tinggi. Molekul kolesterol merupakan molekul yang berperan penting dalam fluiditas lapisan lipid membran sel. Fluiditas membran plasma akan bertambah. Molekul kolesterol berperan dalam menjaga kestabilan membran plasma.



Gam bar 3.4 Lapisan Lemak pada Membran sel  
<http://www.biologi-sel.com/2018/03/membran-plasma.html>

- Molekul lipid yang terdapat pada berbagai membran sel pada sel tertentu adalah kolesterol, fosfatidil etanolamin, fosfatidil serin, fosfatidil kolin, Sphingomielin, Glikolipid dan molekul lipid lainnya.

#### 4.1.4 Protein Membran

Membran plasma merupakan lapisan terluar dari sel. Membran plasma berfungsi untuk memisahkan sel dari lingkungan eksternal. Pada prokariota, itu adalah satu-satunya membran. Eukariota memiliki organel terikat membrane. Dalam semua kasus membran, mereka terbuat dari hal dasar yang sama yaitu lapisan ganda fosfolipid.

Protein membran plasma tertanam di lapisan ganda fosfolipid. Sifat alami yang bipolar molekul ini yaitu kunci bagaimana membrane plasma tersebut bekerja. Setiap molekul fosfolipid memiliki kepala daerah hidrofilik (suka air) bagian phospho dan hidrofobik (takut air) daerah ekor (bagian lipid). Daerah **hidrofilik** berada dalam lingkungan air sedangkan daerah **hidrofobik** berada pada lingkungan non-berair.

Salah satu fungsi dari membran sel adalah untuk menjaga komponen-komponen sel tetap terisolasi dari lingkungan luar. Membran sel mengelilingi sitoplasma sel yang hidup, secara fisik memisahkan komponen intraseluler dari lingkungan ekstraseluler. Jamur, bakteri, dan tumbuhan memiliki dinding sel yang menyediakan dukungan mekanik untuk sel dan menghalang bagian dari molekul-molekul yang lebih besar. Membran sel berperan dalam penahan sitoskeleton yang memberikan bentuk sel dan membantu sel untuk membentuk jaringan. Protein yang ada pada membran sel berfungsi sebagai enzim.

Membran sel juga berfungsi sebagai media komunikasi antara sel dengan lingkungannya. Membran sel bersifat selektif permeabel dan mampu mengatur apa yang masuk dan keluar sel, sehingga memudahkan pengangkutan bahan-bahan yang diperlukan untuk bertahan hidup. Gerakan zat pada membran sel dapat menjadi pasif dan dapat pula menjadi aktif ketika terdapat energi. Membran mempertahankan sel yang potensial. Membran sel bekerja seperti filter yang mencegah virus masuk ke dalam sel.

Struktur protein membran menentukan fungsi mereka. Pada gilirannya adalah cara kita mengklasifikasikan jenis protein membran. Secara umum, protein



integral tertanam dalam lapisan hidrofobik membran. Protein perifer tidak tertanam dalam daerah hidrofobik membran. Mereka berhubungan dengan kepala hidrofilik atau dengan protein membran terpisahkan.

### 1) Protein Membran Integral Atau Intrinsik

Memiliki satu atau bahkan lebih domain yang tertanam dalam membran. Daerah-daerah yang tertanam, terbuat dari asam amino dengan rantai hidrofobik. Dengan demikian, mereka ingin merapat dengan bagian hidrofobik membran. Jangkar ini yaitu protein di dalam membran. protein membran terpisahkan dan memiliki domain hidrofilik yang memperpanjang ke lingkungan berair ekstraseluler atau intraseluler. Kebanyakan memiliki keduanya. Oleh karena itu disebut protein transmembran.

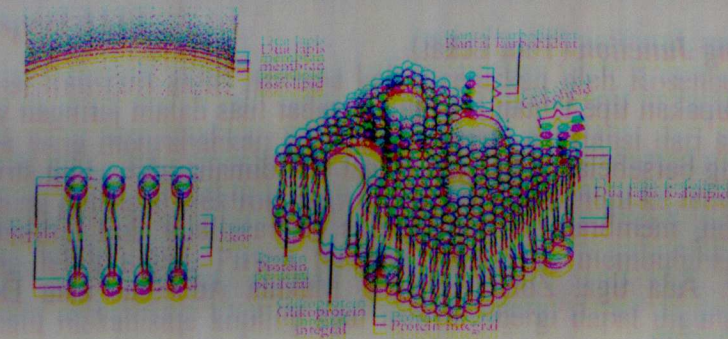
### 2) Protein Transmembran

Memiliki satu atau lebih membran mencakup wilayah dan sering dikelompokkan sesuai dengan seberapa kali mereka melewati membran plasma tersebut. Mereka memiliki daerah hidrofilik yang berjumlah 4 sampai ratusan asam amino yang panjang. Mereka bisa berada di kedua ujung protein ataupun berada di link dua bagian domain hidrofobik dalam protein. Protein ini sering membentuk saluran (pori-pori) melalui membran. Angka kedua menunjukkan contoh protein transmembran.

### 3) Protein membran perifer

Sering dikaitkan dengan permukaan sitosol atau permukaan exoplasmic. Mereka yang berada di sitosol bisa menjadi bagian dari sitoskeleton atau bantuan dalam transduksi sinyal. Ketika mereka exoplasmic, mereka dapat berinteraksi dengan matriks ekstraseluler, yang terdiri dari beberapa molekul yang jangkar sel-sel kita satu sama lain. Mereka dapat tertanam dalam membran (integral) atau dapat berhubungan dengan permukaan sebuah membran. Mereka juga dapat dikaitkan dengan protein integral, akan tetapi tidak secara langsung berinteraksi dengan membran. Protein Integral dapat menjangkau satu membran atau beberapa kalidan ini disebut protein transmembran. Protein membran melayani beberapa

fungsi, termasuk komunikasi sel-sel dan interaksi, transportasi molekul, dan sel sinyal.



Gambar 4.5 Protein Membran Pada Membran Sel  
<http://www.nafun.com/2018/03/struktur-dan-fungsi-membran-sel-plasma.html>

### 4.1.5 Asimetri Membran

Membran sel terdapat komponen lipida, protein dan karbohidrat yang tersebar secara tidak merata antara kedua permukaan membran. Oleh sebab itu, membran sel disebut dengan asimetri. Spesialisasi membran adalah membran sel yang dapat mengalami spesialisasi secara khusus berupa tonjolan-tonjolan yang dapat mengalami spesialisasi secara khusus berupa tonjolan-tonjolan yang menyerupai jari-jari, dan disebut dengan mikrovili. Stereosilia adalah proses panjang yang tidak dapat bergerak, dan umumnya dijumpai pada daerah apeks sel-sel yang melapisi dinding epidermis. Flagel merupakan struktur yang dapat bergerak.

Di antara dua buah sel epitel yang berdekatan, biasanya terdapat daerah kontak yang spesifik, dan disebut dengan pertautan sel (Junctional complex). Ada 3 jenis pertautan sel yaitu :

1. **Tight Junction** atau **Ocluding Junction** atau (Taut Kedap).

Pada **Tight Junction**, membran sel yang bersebelahan menyatu oleh perekat pada bagian apikal sel dan membentuk sumbatan pada apikal intersel. Ada dua jenis yaitu : **Zonula Occludens** yang memiliki fungsi: 1). sebagai penutup pada bagian apikal dari ruang intersel sehingga molekul-molekul yang larut dalam air tidak bisa lewat, 2). sebagai perekat diantara sel-sel yang bersebelahan sehingga memungkinkan organ yang dibentuk oleh sel-sel ini dapat meregang tanpa terjadi kerusakan sel atau ruang intersel, 3). sebagai barrier untuk mencegah terjadinya difusi protein dari luar sel (pada permukaan apikal) ke daerah baso lateral ruang



interisel atau sebaliknya. *Fasia Occludens*, *F. occludens* mirip dengan *Z. occludens*, namun bentuknya berbeda, dimana pada *fasia occludens* berbentuk pita terputus-putus.

## 2. *Adhering Junction* (Taut Lekat).

Merupakan tipe tautan sel yang tersebar luas dalam jaringan yang mengikat sel-sel yang bersebelahan dengan sangat erat dimana unit = unit struktural seperti sitoskeleton, membran sel dan matriks ekstraselluler ikut terlibat mengadakan hubungan. Ada tiga: Zona Adheren, Makula Adherens atau Desmosom dan hemidesmosom.

## 3. *Gap Junction* (Taut Rekah).

Merupakan hubungan antar sel yang paling banyak tersebar pada jaringan tubuh. Dengan mikroskop elektron tampak adanya celah sebesar 3 nm yang menghubungkan dua sel yang bersebelahan.

### 4.1.6 Interaksi Sel Dengan Sel

Sistem komunikasi suatu sel berperan sangat penting dalam menentukan respon seluler yang akan dilakukan oleh sel. Seluruh peristiwa yang terangkum dalam biologi molekuler diawali oleh adanya aktivitas komunikasi. Agar dapat menjalankan aktivitas komunikasi tersebut sebuah sel (eukariotik) dilengkapi bermacam-macam jenis reseptor yang terdapat di membran plasmanya. Reseptor ini biasanya merupakan bagian struktural dari protein integral yang terdapat di sela-sela lemak lapis ganda. Sel berinteraksi dengan sel lain dengan cara komunikasi langsung atau dengan mengirimkan sinyal kepada sel target, baik sel hewan maupun sel tumbuhan memiliki sambungan sel yang memberikan kontinuitas sitoplasmik diantara sel-sel yang berdekatan.

## 4.2 Membran Plasma dan Transport Transmembran

### 4.2.1 Transport Molekul Kecil (Transport aktif dan Transport pasif)

#### 4.2.1.1 Transport Aktif

Definisi transport aktif, pertama kali dicetuskan oleh Rosenberg sebagai sebuah proses yang menyebabkan perpindahan suatu substansi dari sebuah area yang mempunyai potensial elektrokimiawi lebih rendah menuju ke tempat dengan potensial yang lebih tinggi. Proses tersebut dikatakan, membutuhkan asupan energi dan suatu mekanisme kopling agar asupan energi dapat digunakan demi menjalankan proses perpindahan substansi.

Transport aktif adalah kebalikan dari transpor pasif dan bersifat tidak spontan. Arah perpindahan dari transpor ini melawan gradien konsentrasi. Transpor aktif membutuhkan bantuan dari beberapa protein. Contoh protein yang terlibat dalam transpor aktif adalah *channel protein* dan *carrier protein*, serta ionofor. Ionofor adalah antibiotik yang menginduksi transpor ion melalui membran sel maupun membran buatan.

Yang termasuk transport aktif adalah *coupled carriers*, *ATP driven pumps*, dan *light driven pumps*. Dalam transport menggunakan *coupled carriers* dikenal dua istilah, yaitu *simporter* dan *antiporter*. *Simporter* adalah suatu protein yang mentransportasikan kedua substrat searah, sedangkan *antiporter* mentransfer kedua substrat dengan arah berlawanan. *ATP driven pump* merupakan suatu siklus transpor  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase. *Light driven pump* umumnya ditemukan pada sel bakteri. Mekanisme ini membutuhkan energi cahaya dan contohnya terjadi pada Bakteriorhodopsin.

Hormon tri-iodotironina yang dikenal sebagai aktivator enzim fosfatidil inositol-3 kinase dengan mekanisme dari dalam sitoplasma dengan bantuan integrin  $\alpha\text{v}\beta\text{3}$ . Lintasan enzim fosfatidil inositol-3 kinase, lebih lanjut akan memicu transkripsi genetik dari  $\text{Na}^+$  ATP sintase,  $\text{K}^+$  ATP sintase, dll, beserta penyisipan ATP sintase tersebut pada membran plasma, berikut regulasi dan modulasi aktivitasnya.

Mekanisme transpor aktif lainnya adalah berupa *pompa kalsium*. Mekanisme tersebut dapat menjaga konsentrasi kalsium di dalam sehingga



konsentrasinya seratus kali lebih rendah dibanding di luar sel. Transpor aktif meliputi Endositosis dan Eksositosis.

#### a) Endositosis

Endositosis (*endo* = di dalam, *sito* = sel) adalah proses masuknya partikel-partikel atau sel-sel kecil ke dalam sebuah sel. Pada proses ini mula-mula membran plasma bergerak melingkupi partikel-partikel di luar sel sehingga partikel-partikel tersebut terperangkap dan masuk ke dalam sel.

Ada dua macam bentuk endositosis, yaitu *fagositosis* dan *pinositosis*. Fagositosis (*fago* = makan) adalah peristiwa pemasukan partikel padat atau berupa sel lainnya, sedangkan Pinositosis (*pino* = minum) pemasukan berupa zat cair.

#### b) Eksositosis

Eksositosis (*ekso* = ke luar, *sito* = sel) adalah proses pengeluaran materi keluar dari sel. Pengeluaran materi secara eksositosis dapat dilakukan dengan cara pembentukan vesikel atau kantong yang menyelubungi materi tersebut. Selanjutnya, vesikel bergerak ke arah membran plasma yang berfusi dengan membran tersebut sehingga materi di dalamnya dibebaskan ke luar sel. Contoh eksositosis yaitu pengeluaran bahan-bahan untuk membangun dinding sel pada tumbuhan dan sekresi hormon dari sel-sel hewan tertentu.

#### 4.2.1.2 Transport Pasif

Transportasi pasif adalah suatu perpindahan molekul menurun gradien konsentrasinya. Transpor pasif ini mempunyai sifat yang spontan. Difusi, osmosis, dan difusi terfasilitasi merupakan contoh dari transpor pasif. Difusi terjadi akibat gerak termal yang meningkatkan entropi atau ketidakteraturan sehingga menyebabkan campuran yang lebih acak. Difusi akan berlanjut selama respirasi seluler yang mengonsumsi  $O_2$  masuk. Osmosis merupakan difusi pelarut melintasi membran selektif yang arah perpindahannya ditentukan oleh beda konsentrasi zat terlarut total (dari hipotonis ke hipertonis). Difusi terfasilitasi juga masih dianggap ke dalam transpor pasif karena zat terlarut berpindah menurut gradien konsentrasinya.

Contoh molekul yang berpindah dengan transpor pasif ialah air ( $H_2O$ ) dan glukosa. Transpor pasif air dilakukan *lipid bilayer* dan transpor pasif glukosa terfasilitasi transporter. Ion polar berdifusi dengan adanya bantuan protein transpor. Transpor pasif terdiri dari Difusi dan Osmosis.

#### 1. Difusi

##### a) Difusi Sederhana

Difusi sederhana adalah pergerakan acak molekul-molekul dari suatu daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah lain dengan konsentrasi lebih rendah. Karena pergerakannya yang bersifat acak, secara spontan molekul-molekul tersebut akan berdifusi di sepanjang gradien konsentrasinya. Proses difusi biasanya bergantung pada kondisi-kondisi sebagai berikut,

1. **Wujud materi.** Difusi akan sangat lambat terjadi jika zatnya berwujud padat. Difusi lebih cepat terjadi pada zat cair dan sangat cepat pada zat berwujud gas.
2. **Suhu.** Suhu panas dapat mempercepat gerakan molekul-molekul sehingga meningkatkan rata-rata difusi. Sebaliknya, suhu dingin akan menurunkan kecepatan rata-rata difusi.
3. **Ukuran molekul.** Molekul yang ukurannya lebih kecil lebih cepat melintasi suatu membran di bandingkan dengan molekul yang ukurannya lebih besar pada suhu yang sama.
4. **Konsentrasi.** Semakin besar gradien konsentrasi antara dua daerah, semakin cepat rata-rata difusinya.

##### b) Difusi Terfasilitasi

Difusi terfasilitasi adalah proses difusi yang di bantu oleh protein-protein tertentu pada membran plasma. Selama berlangsungnya difusi terfasilitasi, protein-protein tersebut akan membentuk suatu struktur saluran sehingga molekul dapat melintasi membran plasma. Protein membran demikian disebut **protein kanal**.



## 2: Osmosis

Osmosis adalah proses perpindahan molekul-molekul pelarut (air) dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah melalui *membran diferensial permeabel*. Osmosis dikenal juga sebagai difusi dengan kategori khusus. Adapun yang dimaksud air dalam proses osmosis tersebut adalah air dalam keadaan bebas yang tidak terikat atau berikatan dengan jenis molekul-molekul lainnya, seperti gula, protein, atau larutan yang lain. Oleh karena itu, konsentrasi terlarut dalam suatu larutan merupakan faktor utama yang menentukan kelangsungan osmosis.

### 4.2.2 Transpor Makromolekul dan Partikel (Endositosis dan Eksositosis)

#### 1: Endositosis

**Endositosis** merupakan transportasi makromolekul, partikel besar dan zat-zat polar yang tidak dapat masuk melalui membran non-polar ke dalam sel. Membran plasma atau lipatan membran ke dalam vesikel sel dalam proses endositosis, masuk ke sitoplasma dan vesikel ini akan mengikat dengan organel terikat membran lain seperti vakuola dan Retikulum Endoplasma.

#### 2: Eksositosis

**Eksositosis** merupakan proses penghapusan atau menghilangkan seperti zat padat, sisa-sisa yang tidak tercerna, atau bahan yang bermanfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan dinding sel dari luar sel melalui proses eksositosis. Di dalam sitoplasma bahan ini di gunakan pada vesikel dan diarahkan pada membran plasma.

Tabel berikut akan membandingkan eksositosis dan endositosis dengan jelas untuk membantu menjelaskan proses yang lebih baik.

Eksositosis	Endositosis
Hasil eksositosis untuk mengusir molekul di luar sel.	Endositosis untuk membantu membawa molekul masuk sel.
Eksositosis dapat menyebabkan kerusakan vesikel.	Endositosis dapat menyebabkan penciptaan vesikel.
Ada pelepasan enzim, hormon, protein dan glukosa untuk digunakan di bagian tubuh lainnya.	Proses endositosis menerima nutrisi

Mereka mungkin memiliki neurotransmitter dalam kasus sel-sel	Sel menelan patogen dalam menghancurkan mereka.
Sel-sel berkomunikasi dengan sistem kekebalan tubuh atau mekanisme pertahanan dari sel atau badan dalam kasus infeksi.	Endositosis digunakan untuk migrasi sel dan adhesi.
Eksositosis membantu dalam mengeluarkan sampah dari tubuh.	Proses ini berfungsi sebagai reseptor atau penerima sinyal.

## 4.3: Membran Internal

### 4.3.1: Sistem Membran Tunggal

**Membran tunggal** merupakan jaringan membran yang sangat kompleks pada stroma yang terdapat klorofil, pembawa elektron dan faktor menggandeng transfer elektron pada fosforilasi. Fungsi dari membran internal adalah karena mengandung F<sub>1</sub>, maka berfungsi dalam aktivitas ATP-ase dan sintesis ATP, selain itu berdasarkan referensi menyebutkan bahwa sebagai tempat fotosintesis dalam proses reaksi terang karena pembentukan ATP pada proses fotosintesis hanya terjadi pada reaksi terang saja. Persamaan membran internal dengan membran dalam mitokondria adalah pada membran internal yang dapat menunjukkan struktur berkepala (knoblike) seperti yang terdapat pada mitokondria. Sebagaimana struktur knoblike ini adalah F<sub>1</sub> yang merupakan tempat aktivitas dari ATP-ase dan sintesis ATP.

#### 1: Lisosom (membran tunggal)

Lisosom berbentuk kantong kecil dan pada umumnya berisi enzim pencernaan (hidrolisis) yang berfungsi sebagai peristiwa pencernaan intrasel.

#### 2: Vakuola (membran tunggal)

Vakuola merupakan rongga yang terbentuk di dalam sel, dan dibatasi yang dinamakan tonoplas. Pada beberapa spesies di kenal adanya vakuola kontraktil dan vakuola non-kontraktil. Pada tumbuhan vakuola berukuran sangat besar dan biasanya termodifikasi yang berfungsi sebagai, berisi alkaloid, pigmen anthosianin, tempat penimbunan sisa metabolisme, ataupun tempat penyimpanan



zat makanan. Pada sel hewan vakuolanya kecil dan ada juga tidak memilikinya, kecuali hewan bersel satu. Karena pada hewan bersel satu terdapat dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan yang berfungsi dalam pencernaan intrasel dan vakuola kontraktil yang berfungsi sebagai osmoregulator.

### 3. Badan Mikro

Badan mikro adalah organel sel yang berukuran kecil. semua organel yang tergolong badan mikro memiliki membran tunggal seperti lisosom. Ada dua bagian penting dari badan mikro yaitu peroksisom dan glioksisom.

#### 4.3.2. Membran Ganda

##### 1. Nukleolus (Membran ganda)

**Nukleolus** merupakan salah satu organel yang paling penting dari sel eukariotik. Rantai RNA dan DNA merupakan salah satu komponen dari struktural nukleolus. Ini terdiri dari komponen granular dan urat saraf. Tipe organisasi struktural nukleolus di temukan dalam sel = sel eukariotik nukleolus vakuola hanya ditemukan dalam sel tanaman. Fungsi utama dari nukleolus yaitu untuk menghasilkan produk dan merakit langsung namun penting dalam sintesis protein dengan merakit subunit.

Pada sel eukariota, terdapat sistem membran ganda yaitu membran sel yang membungkus organel-organel di dalamnya, terbentuk dari dua macam senyawa yaitu lipid dan protein, biasanya berjenis fosfolipid yang mengandung fosfat yang bersifat amfipatik yang terdiri dari 2 lapisan (bilayer) yaitu kepala yang disebut hidrofilik (suka air), dan ekor yang disebut hidrofobik (tidak suka air). Organel yang memiliki membran ganda adalah nukleus pada sel eukariotik. Membran sel membatasi segala kegiatan yang terjadi di dalam sel sehingga tidak mudah terganggu oleh pengaruh dari luar.

##### 4.3.3. Lalu Lintas Vesikula Intrasel

Vesikel merupakan suatu ruang antar sel yang dikelilingi oleh membran sel. Ruang biasanya ditempati oleh sitoplasma yang terdiri dari organel dan sitosol. Fungsi vesikel ditentukan oleh organel yang berada di dalamnya, seperti tempat reaksi selular, tempat penyimpanan makanan, dll.

Jalur pergerakan vesikula intrasel yaitu :

##### 1. Jalur biosintetik

Sintesis protein akan dilakukan dengan bantuan ribosom di Retikulum Endoplasma selanjutnya akan dimodifikasi di badan Golgi kemudia hasilnya akan ditransport ke berbagai tujuan, contohnya ke membran plasma, lisosom atau vakuola yang dinamakan pula jalur sekretori.

##### 2. Jalur endositik

Luar masuk ke dalam sel membentuk vesikula hasil endositosis (endosom) kemudian masuk kedalam lisosom matang. Penjelasan lain tentang pergerakan vesikel adalah Retikulum Endoplasma yang mengandung protein yang disintesis ribosom, ujung = ujungnya pasti akan mengalami perubahan, ribosom akan melepas diri membentuk vesikel kecil yang disebut *transfer vesikel*.

Transfer vesikel ini akan bergerak menuju *forming face* dari saccula aparatus golgi. Setelah menempel membrannya akan melebur dengan membran saccula sehingga isinya akan masuk kedalam saccula. Dalam rongga saccula protein akan mengalami perubahan tertentu terutama komponen karbohidrat. Setelah itu protein akan mencapai bagian *mature face* dari saccula dan kemudian dilingkupi oleh membran *mature face*, yang kemudia protein akan lepas dari *mature face* sebagai vesikula sekretoris. Vesikula sekretoris yang membawa protein keluar sel akan menempel pada membran plasma sehingga isi vesikel sekretoris akan keluar dari dalam sel.



### Pilihan Ganda

1. Komponen utama membran plasma adalah....
  - a. karbohidrat dan protein
  - b. lipid dan protein
  - c. protein dan fosfolipid
  - d. kalsium dan lipid
  - e. karbohidrat dan fosfolipid
2. Pernyataan berikut ini tentang membran plasma yang benar, kecuali....
  - a. Mencegah zat-zat tertentu meninggalkan sel
  - b. Mengelilingi semua sel
  - c. Mengatur zat-zat yang masuk dan keluar sel
  - d. Mempertahankan bentuk sel
  - e. Menghasilkan enzim pencernaan sel
3. Tempat pembentukan protein dalam sel berlangsung pada....
  - a. Ribosom
  - b. Kloroplas
  - c. Mitokondria
  - d. Membran nukleus
  - e. Membran plasma
4. Pernyataan yang benar tentang transpor aktif adalah
  - a. Memerlukan sebuah protein kanal
  - b. Molekul bergerak melawan gradien konsentrasi
  - c. Memerlukan pasokan energi kimia
  - d. Tidak terjadi selama transpor terfasilitasi
  - e. Semua benar
5. Molekul fosfolipid memiliki sebuah kepala dan dua ekor. Bagian ekor ditemukan pada....
  - a. Permukaan membran plasma
  - b. Bagian dalam membran plasma
  - c. Bagian luar membran plasma
  - d. Lingkungan hidrofilik
  - e. A dan b benar
6. Berikut adalah fungsi membran plasma, kecuali....
  - a. Interaksi dengan lingkungan ekstraseluler
  - b. Tempat keluar masuknya materi yang dibutuhkan sel
  - c. Tempat melekatnya reseptor sel
  - d. Tempat berlangsungnya reaksi kimia
  - e. Tempat pembentukan energi metabolik sel
7. Protein pada membran memiliki fungsi sebagai berikut, kecuali
  - a. Reseptor
  - b. Interaksi antarsel
  - c. Enzim
  - d. Carrier
  - e. Hormon
8. Ada berapakah perbedaan terhadap transpor pasif....
  - a. 2
  - b. 3
  - c. 4

- d. 5
  - e. 6
9. Berapakah ketebalan yang dimiliki membran plasma....
    - a. 10-15 nm
    - b. 5-10 nm
    - c. 10-15 nm
    - d. 3-7 nm
    - e. 8-18 nm
  10. Ada berapakah pengelompokan terhadap protein membran
    - a. 2
    - b. 3
    - c. 4
    - d. 5

### Esai :

1. Apakah yang dimaksud dengan difusi dan osmosis?
  2. Berikan dua tipe transpor pasif!
  3. Tuliskan persamaan dan perbedaan karbohidrat, lipid, dan membran protein!
  4. Tuliskan perbedaan dan persamaan transpor aktif dan transpor pasif!
  5. Apakah yang dimaksud dengan :
    - a) Sistem membran tunggal
    - b) Sistem membran ganda
    - c) Endositosis, dan
    - d) Eksositosis
- Dan berilah contoh pada masing-masing pertanyaan



## GLOSARIUM

<b>Antibodi</b>	: Zat sejenis protein yang merupakan hasil reaksi terhadap infeksi. Berfungsi untuk melawan bahan asing bagi tubuh seperti bakteri dan virus.
<b>Antigen</b>	: Zat atau senyawa atau molekul selular yang dapat merangsang pembentukan antibodi jika masuk ke dalam tubuh.
<b>Autofagi</b>	: Pencernaan bahan organel di dal sel sendiri.
<b>Defisiensi</b>	: Kekurangan suatu zat atau bahan aktif.
<b>Dehidrasi</b>	: Kekurangan cairan tubuh karena terlalu banyak cairan yang keluar dari tubuh.
<b>Eritroblas</b>	: Sel induk eritrosit dan masih memiliki inti.
<b>Fagosit</b>	: Sel yang mampu melakukan fagositosis (lekoset dan makrofage).
<b>Fagositosis</b>	: Proses memakan sel atau partikel dari luar.
<b>Fosfolipid Blayer</b>	: Lapisan ganda yang di bentuk oleh ikatan asam lemak dan fosfat dengan bagian hidrofobik yang saling berhadapan.
<b>Glikoprotein</b>	: Senyawa glikogen dengan protein.
<b>Glikosidase</b>	: Enzim yang memisahkan ikatan glikosida dari glukosa dan gula yang lain.
<b>Hidrogami</b>	: Penyerbukan dengan bantuan air.
<b>Imunoglobulin</b>	: Protein globulin yang berperan sebagai antibodi.
<b>Inisiasi</b>	: Mengawali suatu proses atau reaksi.
<b>Katalis</b>	: Zat kimia yang dapat mempercepat atau memperlambat atau Mempercepat reaksi yang pada akhir reaksi dilepaskan kembali dalam bentuk semula.
<b>Lipase</b>	: Enzim yang menguraikan lemak menjadi asm lemak dan gliserol.
<b>Nuklease</b>	: Enzim pemecah DNA antara ikatan gula-fosfat.
<b>Protein integral</b>	: Protein yang terbenam di dalam membran sel.
<b>Protein poriferal</b>	: Protein yang menempal pada membran sel.

<b>Reaksi hidrolisis</b>	: Reaksi penguraian suatu molekul dengan memasukkannya ke dalam air.
<b>Sel eukariotik</b>	: Sel yang memiliki membran nukleus
<b>Sel prokariotik</b>	: Sel yang tidak memiliki membran nukleus
<b>Sekresi</b>	: Proses pengeluaran hasil kelenjar atau sel secara aktif.



## BAB V

### SISTEM TRANSDUKSI ENERGI

#### 5.1. Mitokondria

Sistem komunikasi yang terjadi dalam sel berpengaruh penting dalam menentukan respon seluler yang akan dilakukan sel. Semua masalah yang tercantum didalam biologi molekuler diawali adanya aktivitas komunikasi. Untuk menjalankannya maka sebuah sel (eukariotik) harus dilengkapi dengan berbagai jenis reseptor yang terdapat di dalam membran plasmanya. Reseptor tersebut merupakan bagian struktur dari protein integral yang terdapat di sela-sela lemak lapisan ganda. Sel satu dengan sel yang lain saling berinteraksi baik secara komunikasi langsung maupun dengan mengirimkan suatu sinyal kepada sel yang dituju.

Pada sel hewan maupun sel tumbuhan sama = sama memiliki sambungan sel yaitu sitoplasmik yang berada diantara sel = sel yang berdekatan. Dengan demikian, energi atau sinyal yang larut dalam sitosol akan bebas melewati sel-sel yang berdekatan tersebut, dan sel hewan mungkin berkomunikasi melalui kontak langsung.

Mitokondria ditemukan pertama oleh Kolliker tahun 1880 dalam otot serangga. Sejak tahun 1882 Fleming memberi nama Fila dan tahun 1890 Altman juga memberikan nama Biobblas. Nama mitokondria berasal dari Benda (1897-1898) tahun 1948 Hogeboom melihat bahwa mitokondria sebagai tempat (lokasi) respirasi sel. Nass pada tahun 1963 meneliti bahwa di dalam mitokondria terdapat ADN. Mitokondria merupakan organel sel yang mampu mengoksidasi bahan makanan menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Kata "Mito" berarti "benang", sedangkan kata "Chondria" berarti "granula".

Mitokondria terdiri dari :

1. Membran luar, berfungsi sebagai pembatas bagian dalam mitokondria dengan sitoplasma.
2. Membran dalam yang berlekuk-lekuk (krista) berfungsi untuk memperlebar permukaan dan meneruskan rantai respirasi yang menghasilkan ATP.

3. Ruang antar membran (pembatas antara membran dalam dan luar), berfungsi dalam prose oksidasi asam lemak dan katabolisme asetil koenzim.
4. DNA, di dalam mitokondria mempunyai materi genetik yang sifatnya berbeda dari sifat materi genetik lainnya di inti sel. Mitokondria, merupakan rantai DNA yang terletak di bagian sel yang disebut mitokondria.
5. Ribosom, merupakan organel berukuran mikroyang dibangun sebagai tempat sintesis protein.
6. Granula, terletak pada membrane dalam mitokondria yang berfungsi dalam akumulasi ion.
7. ATP sintesis, berfungsi membentuk ATP pada matriks mitokondria.
8. Matriks, merupakan gabungan dari campuran kompleks enzim yang penting dalam sintesis molekul ATP, ribosom mitokondria, tRNA dan DNA mitokondria.

Matriks mitokondria, merupakan sebuah ruang yang dikelilingi oleh membran dalam yang berguna sebagai tempat oksidasi asam lemak dan katabolisme asetil koenzim, fungsinya:

1. Proses respirasi sel
2. Mengubah energi potensial berbagai bahan makanan menjadi energi potensial yang disimpan di dalam ATP.
3. Oksidasi
4. Dehidrogenasi
5. Oksidatif fosforilasi

Adapun tempat terjadinya proses transduksi energi yaitu di dalam mitokondria dan kloroplas.

Fungsi utama mitokondria yaitu memproduksi ATP yang terjadi pada membran bagian dalam. Hasil oksidasi dari proses glikolisis berupa piruvat dan NADH yang akan dikonversi menjadi ATP dengan bantuan oksigen sebagai aseptor elektron terakhir dan membentuk air sebagai hasil sampingannya. Peristiwa konversi ini disebut dengan respirasi sel, atau respirasi aerob.





Gambar : 4.5 Mitokondria

Mitokondria di dalamnya terdapat ribosom dan DNA. Mitokondria mereplikasi DNANYA dan membagi sebagian besar pengaruh energi yang dibutuhkan sel. Dalam makna yang lain, pembagian dan pertumbuhannya tidak saling berhubungan dengan siklus sel. Ketika dibutuhkan energi oleh sel dalam jumlah yang sangat banyak, mitokondria akan tumbuh dan selanjutnya akan memisah. Ketika energi yang dibutuhkan oleh sel dalam jumlah sedikit, maka mitokondria akan dirusak atau pada saat tidak diaktifkan sama sekali. Dalam proses pembelahan sel, mitokondria didistribusikan kepada keturunannya secara acak dengan jumlah sedikit atau banyak. Menurut beberapa literatur memperkirakan bahwa mitokondria diperoleh dari proses pembelahan sel.

Mitokondria di temukan pada hampir semua sel eukariotik termasuk sel tumbuhan, hewan fungsi, dan sebagian besar protista. bahkan pada sel yang tidak memiliki mitokondria misalnya parasit usu manusia Giardia dan beberapa protista lain, penelitian terbaru telah mengidentifikasi organel-organel yang berdekatan yang mungkin berevolusi dari mitokondria.

Beberapa sel memiliki satu atau bahkan ribuan mitokondria. jumlah organel tersebut berkorelasi dengan tingkat aktivitas metabolisme sel. Misalnya, sel otot atau sel kontraktile secara proporsional memiliki lebih banyak mitokondria per volume dari pada sel yang kurang aktif. Mitokondria memiliki panjang kira-kira 1-10 mikron.

Film dipercepat (*time = lapse*) yang merekam sel = sel hidup mengungkapkan bahwa mitokondria bergerak kesegala arah, berubah bentuk, dan berfusi atau membelah menjadi dua, tidak seperti silinder statis yang terlihat dalam mikroskop elektron sel = sel mati.

Mitokondria di selubungi dengan dua membran, yang diantaranya merupakan lapisan = ganda fosfolipid dengan sekelompok unik protein yang tertanam di dalamnya membran luar berstruktur mulus. Membran dalam membagi mitokondria menjadi dua kompartemen internal. yang pertama adalah ruang antar membran yang merupakan wilayah yang sempit di antara kedua membran dalam dan membran luar.

Kompartemen yang kedua, matriks mitokondria (*mitokondrial matriks*), diselubungi dengan membran dalam, matriks ini banyak mengandung enzim berbeda, serta DNA mitokondria dan ribosom. Enzim-enzim dalam matriks mengkatalisis berbagai proses respirasi, termasuk enzim yang berfungsi dalam respirasi, termasuk enzim yang membuat ATP, tertanam dalam membran dalam. sebagai permukaan yang sangat berlipat, krista memiliki luas permukaan yang sangat besar kepada membran dalam mitokondria, sehingga dapat menaikkan produktivitas respirasi selular. Hal ini merupakan contoh lain dari struktur yang sesuai dengan fungsi mitokondria.

### 5.1.1: Kompleksitas Struktur

Mitokondria rata - rata ukurannya hampir sama dengan ukuran bakteri basil sehingga dapat teramati oleh mikroskop cahaya. Ukuran khas mitokondria bebas yang tersebar dalam sitoplasma berbentuk memanjang dengan ukuran 0,5-1,0  $\mu\text{m}$  (lebar) dan 3  $\mu\text{m}$  (panjang). Mitokondria yang tidak bebas memiliki ukuran dan bentuk yang bervariasi. Jumlah mitokondria dalam sel sangat bervariasi sesuai jenis sel tersebut. Mitokondria memiliki sifat plastisitas dalam arti konformasinya bisa mengalami perubahan sejalan dengan waktu.

Mitokondria memiliki membran yang rangkap, yaitu membran luar dan membran dalam. Karena struktur membran yang tunggal ini, mitokondria memiliki dua macam bagian internal, yaitu ruang matriks dan ruang antar membran. Ruang matriks memiliki ratusan protein enzim yang didalamnya termasuk enzim-enzim yang diperlukan untuk oksidasi asam piruvat dan asam lemak dan juga enzim-enzim siklus asam sitrat. Di dalam ruang antar membran mengandung enzim-enzim kreatin kinase dan adenilat kinase.



- Enzim-enzim yang terdapat pada (kompartemen) mitokondria ialah:

Terdapat Pada	Enzim
Membran luar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. NADH-sitokrom C oksido reduktasa</li> <li>2. Sitokrom B</li> <li>3. Asil ko A sintetasa</li> <li>4. Minoamin oksidasa</li> <li>5. Kinorenin hidrolasa</li> </ol>
Ruang Antar Membran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kreatin kinasa</li> <li>2. Adenilat kinasa</li> </ol>
Membran dalam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sitokrom B, C, C1, A, A3</li> <li>2. Suksinat dehidrogenasa</li> <li>3. NADH dehidrogenasa</li> <li>4. Piruvat oksidasa</li> <li>5. Karnitin asil transferasa</li> <li>6. Hidroksibutirat dan hidroksi propionat</li> <li>7. ATP sintetasa</li> </ol>
Matriks	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sitrat sintetasa</li> <li>2. Akonitasa</li> <li>3. Isositrat dehidrogenasa</li> <li>4. Fumarasa</li> <li>5. Malat dehidrogenasa</li> <li>6. Glutamat dehidrogenasa</li> <li>7. Asparat aminotransferasa</li> <li>8. Kompleks piruvat dehidrogenasa</li> <li>9. Enzim-enzim untuk sintesis protein dan asam nukleat</li> <li>10. Enzim-enzim untuk oksidasi asam lemak</li> </ol>

### 5.1.2. Respirasi sel

Respirasi sel, dikenal dengan 'metabolisme oksidatif', merupakan salah satu cara kunci sel berguna mendapatkan energi. Hal ini merupakan hasil reaksi metabolik dan proses-proses yang terjadi di dalam organisme 'biokimia sel' untuk mengubah energi dari nutrisi menjadi adenosin trifosfat (ATP), dan kemudian melepas produk = produk limbah. Organisme yang memakai oksigen sebagai akseptor elektron terakhir dalam dijelaskan sebagai respirasi aerobik, sedangkan mereka yang tidak disebut sebagai anaerobik.

Energi dikeluarkan pada prosese respirasi untuk mensintesis ATP untuk menyimpan energi. Energi yang tersimpan dalam ATP dapat digunakan untuk mendorong proses-proses yang memerlukan energi, termasuk biosintesis, gerak atau pengangkutan molekul melintasi membran sel.

Di dalam mitokondria respirasi sel dikenal sebagai metabolisme oksidatif yaitu salah satu cara sel yang berguna untuk mendapatkan energi. Nutrisi atau energi yang biasanya digunakan oleh sel-sel hewan dan tumbuhan dalam proses respirasi yaitu glukosa, asam amino, dan asam lemak.

Proses katabolisme karbohidrat di dalam mitokondria yaitu: 1 molekul glukosa (C6) diubah menjadi 2 molekul piruvat (C3) yang terjadi di dalam reaksi enzim dan menghasilkan enzim bebas dalam bentuk ATP dan NADH. Berdasarkan kompleksitas strukturnya, karbohidrat dibedakan menjadi dua yaitu: karbohidrat sederhana (monosakarida dan disakarida) dan karbohidrat kompleks (polisakarida).

Respirasi sel ada dua yaitu respirasi aerob dan anaerob. Respirasi aerob adalah bentuk respirasi seluler yang membutuhkan oksigen dalam menghasilkan energi. Prosesnya pada gambar di bawah ini.

#### a. Respirasi Aerob

Respirasi aerob membutuhkan oksigen untuk menghasilkan energi (ATP). Karbohidrat, lemak, dan protein dapat diproses dan dikonsumsi sebagai pereaksi, dalam pemecahan dari glikolisis piruvat. Piruvat mengisyaratkan mitokondria masuk sepenuhnya dalam siklus krebs. Hasil dari proses ini menghasilkan energi ATP (*Adenosin Trifosfat*), dari fosforilasi tingkat substrat, NADH dan FADH<sub>2</sub>.



saat gradien kemiosmotik digunakan dalam mendorong fosforilasi ADP. Elektron ditransfer ke eksogen oksigen dengan tambahan dua proton, air terbentuk.

Produktivitas untuk satu molekul glukosa dibawah ini sepenuhnya teroksidasi menjadi karbondioksida. Semua koenzim tereduksi dioksidasi oleh rantai transpor elektron dan digunakan untuk fosforilasi oksidatif.

Step	coenzyme yield	ATP yield	Source of ATP
Glycolysis preparatory phase		=2	Fosforilasi glukosa dan fruktosa 6-fosfat menggunakan dua ATP dari sitoplasma.
Glycolysis pay-off phase		4	Fosforilasi tingkat substrat
	2 NADH	4 (6)	Fosforilasi oksidatif. Hanya 2 ATP per NADH sejak koenzim harus disisipkan kedalam rantai transpor elektron dari sitoplasma daripada matriks mitokondria. Jika alik malat digunakan untuk memindahkan NADH ke mitokondria ini mungkin menghitung sebagai 3 ATP per NADH.
Oxidative decarboxylation of pyruvate	2 NADH	6	Fosforilasi oksidatif
Krebs cycle		2	Fosforilasi tingkat substrat
	6 NADH	18	Fosforilasi oksidatif
	2 FADH <sub>2</sub>	4	Oxidative phosphorylation

Total yield	36 (38) ATP	Dari lengkap oksidasi satu molekul glukosa menjadi karbon dioksida dan oksidasi koenzim semua berkurang.
-------------	-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

Meskipun ada hasil teoritis 36-38 molekul ATP per glukosa selama respirasi sel, kondisi seperti itu biasanya tidak menadari adanya kerugian seperti biaya bergerak piruvat (dari glikolisis), fosfat, dan ADP (substrat untuk sintesis ATP) ke mitokondria. Semua diangkut menggunakan operator yang memanfaatkan energi dan tersimpan di dalam proton gradien elektrokimia.

- Piruvat diambil oleh yang lebih detail, km rendah transporter membawa ke dalam matriks mitokondria untuk oksidasi oleh kompleks dehidrogenase piruvat.
- The fosfat translokase symporter merupakan kekuatan pendorong untuk memindahkan ion fosfat dalam mitokondria adalah proton gaya penggeraknya.
- Pembawa adenin nukleotida adalah antiporter dan pertukaran ADP dan ATP yang melintasi membran. Kekuatan dalam pendorong ini disebabkan karena ATP (=4) memiliki muatan negatif yang lebih daripada ADP (=3) dan dengan demikian itu menghantarkan beberapa komponen listrik proton gradien elektrokimia.

### Fermentasi

Jika tidak ada oksigen, piruvat tidak bisa dimetabolisme oleh respirasi sel tetapi mengalami proses fermentasi. Piruvat tidak diangkut dalam mitokondria, tetapi tetap dalam sitoplasma, yang di mana waktunya akan diubah ke produk-produk limbah yang dapat dikeluarkan dari sel. Pembawa oksidasi hidrogen bertujuan sehingga mereka dapat melakukan glikolisis lagi dan mengeluarkan kelebihan piruvat. Produk limbah ini bermacam jenisnya tergantung pada organisme. Dalam susunan otot, produk limbah adalah asam laktat dan disebut dengan fermentasi asam laktat fermentasi. Di dalam ragi, produk limbahnya berbentuk etanol dan karbon dioksida dan dikenal sebagai fermentasi alkohol atau



fermentasi etanol. ATP yang dihasilkan dalam proses fermentasi adalah dibuat oleh fosforilasi tingkat substrat, yang tidak memerlukan oksigen.

## b. Respirasi Anaerobik

Respirasi anaerobik digunakan oleh beberapa mikroorganisme di mana tidak ada oksigen (aerobik respirasi) maupun piruvat-piruvat atau derivatif (fermentasi) adalah akseptor elektron terakhir. Sebenarnya, seorang akseptor anorganik (misalnya, Sulfur).

## 1. Kimia Osmosis

Peristiwa kemiosmosis terjadi melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

- Pergerakan electron pada rantai transport electron sehingga menimbulkan energi yang dapat memompa proton ( $H^+$ ) keluar membran. Terlepasnya elektron sebab karena tereduksinya molekul NADH dan  $FADH_2$ .
- Membrane fosfolipid biasanya bersifat permeable terhadap proton, sehingga pergerakan proton melewati membrane adalah peristiwa transpor aktif dan keadaan ini yang menyebabkan adanya perbedaan konsentrasi muatan ion pada ruangan didalam dan diluar membrane.
- Proton diluar membrane memiliki konsentrasi yang tinggi. Selama kemiosmosis, proton ( $H^+$ ) mengalir menuruni gradiennya sehingga  $H^+$  melewati membrane secara difusi, ATP sintase memanfaatkan gaya gerak proton untuk memfosforilasi ADP dan kemudian membentuk ATP.
- Produksi ATP dengan proses kemiosmosis dalam mitokondria disebut fosforilasi oksidatif.

## 2. Rantai Respirasi

Rangkaian ini merupakan hasil utama dari siklus Krebs yang ditangkap oleh carrier NAD menjadi NADH. H dari NADH ditransfer ke Flavoprotein menuju Quinon selanjutnya sitokrom b, sitokrom c, sitokrom a33 dan terus direaksikan dengan  $O_2$  yang dihasilkan  $H_2O + Energi$ . Rangkaian transfer H dari satu carrier ke carrier lainnya disebut Rantai respirasi.

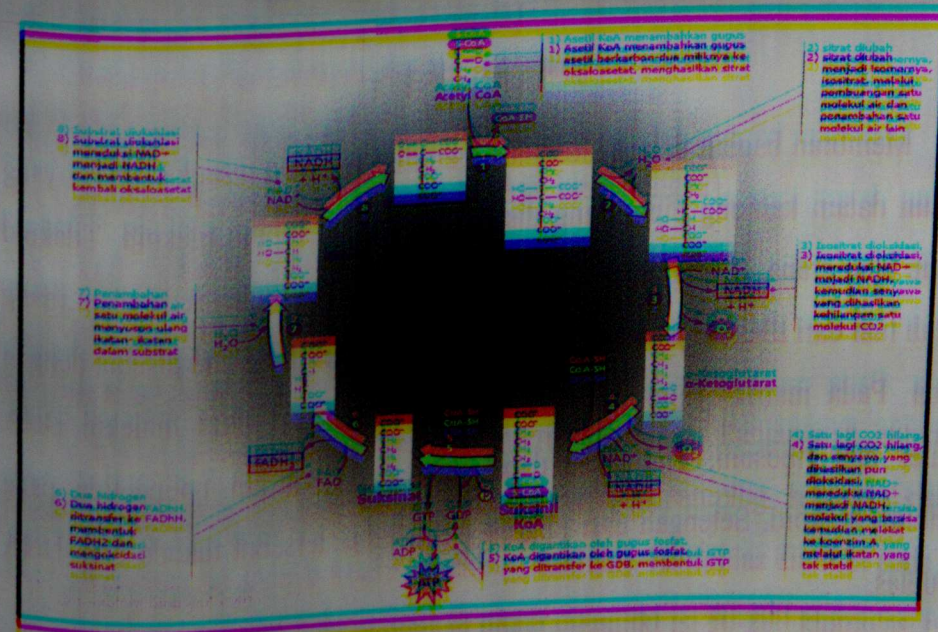
Rantai respirasi terjadi didalam mitokondria transfer atom H antara carrier memakai enzim Dehidrogenase sedangkan reaksi  $H + O_2$  memakai enzim Oksidase.



Gambar 4.7 rantai respirasi

## Siklus Asam Sitrat

Siklus asam sitrat diberi nama siklus asam trikarboksilat atau siklus krebs. Siklus ini ditujukan untuk mengoksidasi gugus asetil dari molekul asetil CoA sampai terbentuk NADH dan  $FADH_2$ . Siklus ini menghasilkan molekul  $CO_2$ .



Gambar 4.8: Siklus asam sitrat



## 5.2. Kloroplas: Kompleksitas Struktur dan Konversi Energy

Bagian luar kloroplas ditutup dengan selaput yang disusun oleh dua membran yang terpisah. Seperti membran luar pada mitokondria, membran luar pada kloroplas juga mengandung porin yang mengakibatkan membran ini permeable terhadap molekul dengan ukuran 10.000 dalton. Membran dalam relatif lebih impermeabel. Banyak mesin fotosintesis terdapat di dalam, termasuk membran pigmen penyerap cahaya, kompleks rantai elektron dan apparatus pensintesis ATP.



Gambar 4.3. Kloroplas

Membran bagian dalam kloroplas memiliki mesin transduksi energi yang tersusun dalam kantong pipih yang disebut dengan membran tilakoid. Tilakoid disusun oleh grana. Ruang dalam tilakoid disebut dengan lumen sedangkan ruang sebelah luar dari tilakoid pada bagian sebelah dalam membran luar disebut dengan stroma. Pada matriks mitokondria, stroma kloroplas memiliki molekul DNA sirkuler dan ribosom. Diduga terdapat sekitar 60 macam polipeptida pada membran tilakoid. Setengah dari macam polipeptida tersebut dikode oleh DNA kloroplas.

## A. Kompleksitas Struktur

Kloroplas adalah plastida berwarna hijau umumnya berbentuk lensa. Kloroplas terbentuk dari membran luar, membran dalam, ruang antar membran, stroma, ruang tilakoid, DNA, Ribosom, Membran tilkoid. Kloroplas terdiri dari karbohidrat, lipida, protein, klorofil, karotenoid (karoten dan santofil), DNA, RNA dan berbagai enzim serta koenzim. Kloroplas juga mengandung Fe, Cu, Mn, Zn. Karbohidrat jumlahnya sangat sedikit. Pada kloroplas 20-30% lipida dan 35-55% protein. DNA pada kloroplas berisi informasi genetik untuk pembentukan rRNA, tRNA untuk pembentukan protein struktural.

### Struktur kloroplas terdiri dari :

1. Membran Luar  
Fungsinya: untuk melewati molekul-molekul kurang dari 10 kilodelton tanpa selektivitas
2. Membran Dalam  
Fungsinya : untuk memilih membran yang keluar masuk dengan transport aktif.
3. Stroma (cairan kloroplas)  
Fungsinya : untuk menyimpan hasil fotosintesis dalam bentuk pati (amilum)
4. Tilakoid  
Fungsinya : tempat terjadi fotosintesis
5. Grana (kumpulan-kumpulan lamela)  
Pada kloroplas terdapat pigmen-pigmen, yaitu :
  1. Klorofil (zat hijau daun)
  2. Karotenoid (karoten yang memberikan warna jingga)
  3. Xantofil (untuk warna kuning)

### Bentuk Kloroplas

Kloroplas bisa dilihat dengan mikroskop biasa. Panjangnya antara 5-10µm, terlihat lonjong jika dilihat dari atas maupun samping. Sebagian sisinya datar atau sebagian sisinya konkav (cekung, cakram). Kloroplas dimiliki pada sel-sel tumbuhan eukariotik. Sel tumbuhan tinggi memiliki isi 50-200 kloroplas, pada tumbuhan rendah bentuknya bermacam-macam, contohnya pada *Euglena gracilla* mempunyai 10 buah kloroplas tiap sel.

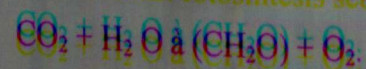


Klorofil berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi kimia selama proses pembentukan senyawa kompleks berupa zat tepung dari bahan senyawa sederhana, karbondioksida dan air. Selain kloroplas, plastida berwarna seperti kromoplas, yaitu plastida yang terdapat pada buah, bunga, umbi dan daun. Plastida ini berbentuk xantofil (warna kuning kelabu), karoten (kuning), dan likopena (merah).

## B. Konversi Energy ( Reaksi Terang Dan Reaksi Gelap )

Pada reaksi terang terjadi melalui beberapa proses yaitu energi cahaya ditangkap oleh klorofil lalu pigmen fotosintesis akan menyerap energi cahaya tersebut dan melepaskan elektron yang akan masuk ke sistem transpor elektron. Kemudian molekul air pecah, sehingga ATP dan NADPH terbentuk, lalu oksigen dilepaskan. Selanjutnya, pigmen fotosintesis yang melepaskan elektron tadi, lalu menerima kembali elektron yang lain sebagai gantinya. Pada reaksi ini terjadi konversi energi yang mana energi cahaya diubah menjadi energi kimia dan menghasilkan oksigen ( $O_2$ ).

Pemahaman pertama termasuk fotosintesis ditunjukkan oleh C.B. van Niel pada tahun 1930 dengan memberikan reaksi fotosintesis sebagai berikut:



Energi dari matahari dipakai untuk memecah  $CO_2$ , melepaskan  $O_2$  dan mentransfer atom karbon ke molekul air untuk membentuk karbohidrat ( $CH_2O$ ). Dari melihat reaksi di atas bahwa reaksi fotosintesis merupakan kebalikan dari reaksi respirasi sel. Akan tetapi tumbuhan tidak memberikan makanan dengan hanya memutar reaksi. Pada respirasi reaksinya tersebut merupakan reaksi redoks. Energi yang dilepas dari gula saat elektron berikatan dengan hidrogen diangkut ke oksigen yang membentuk air sebagai hasil samping. Elektron akan kehilangan energi potensialnya karena oksigen elektronegatif yang menarik elektron melalui rantai transport elektron.

Pada reaksi gelap yang terjadi dari reaksi siklik menghasilkan gula dari bahan dasar  $CO_2$  dan energi (ATP dan NADPH) yang berasal dari reaksi terang. Persamaan reaksi fotosintesis terlihat seperti suatu reaksi yang sangat

seederhana dari proses yang sangat rumit. Tetapi, fotosintesis bukanlah merupakan suatu poses individu. Fotosintesis terbagi menjadi dua proses yang masing-masing terdiri dari beberapa tahapan reaksi. Kedua tahap reaksi dari fotosintesis terdiri dari reaksi terang (fotolisis) dan reaksi gelap (siklus Calvin).

Mitokondria memakai energi ini untuk menghasilkan ATP. Seperti respirasi sel, fotosintesis merupakan reaksi redoks yang memutar balik arah aliran elektron. Air terurai dan elektron ditransfer bersamaan dengan ion hidrogen dari air yang menjadi karbondioksida dan mereduksinya menjadi gula. Energi potensialnya bertambah saat elektron ini dipindahkan dari air ke gula.

## 5.3 Biogenesis mitokondria dan kloroplas

Berdasarkan pengamatan pada jaringan hewan yang sedang tumbuh dengan menggunakan mikroskop elektron terdapat tiga mekanisme dalam pembentukan mitokondria atau biogenesis mitokondria yaitu pembentukan de novo, differensiasi yang berasal dari membran yang telah ada sebelumnya, pembelahan mitokondria yang telah terbentuk. Tetapi, yang sering diteliti dan terbukti yaitu pembelahan mitokondria. Mitokondria mengalami pembelahan menjadi mitokondria yang berukuran kecil, kemudian ia akan mengikuti fase pertumbuhan sampai mencapai ukuran yang umum. Sintesa pada berbagai molekul organik yang dibutuhkan pada saat pertumbuhan telah dibuktikan para ahli dan diakui adanya DNA intramitokondria (mtDNA) di dalam matriks.

### A. Biogenesis Mitokondria

Terdapat tiga proses utama yang dapat digambarkan mengenai pembentukan mitokondria atau biogenesis mitokondria yaitu

1. Pembentukan "de novo"
2. Differensiasi yang berasal dari membran yang telah ada sebelumnya.
3. Pembelahan mitokondria yang sudah terbentuk

Mekanisme pertama dan kedua masih belum banyak dijumpai/diteliti, namun mekanisme yang ketiga sudah sangat sering terbukti dan diamati. Mitokondria yang mengalami pembelahan menjadi mitokondria yang berukuran kecil selanjutnya mengikuti fase pertumbuhan untuk mencapai ukuran yang



umum: Sintesa berbagai molekul organik yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dibuktikan oleh para ahli. Selanjutnya diakui akan adanya DNA intramitokondria (mtDNA) dalam matriks.

## B. Biogenesis Kloroplas

Ada beberapa teori tentang asal kloroplas yang dikemukakan oleh para ahli, yaitu :

1. Berasal dari kloroplas yang sudah dewasa dan kemudian membelah membentuk kloroplas baru, misalnya pada alga dan paku-pakuan.
2. Berasal dari proplastida pada tumbuhan tingkat tinggi kloroplas dibentuk dari proplastida yang merupakan bentuk yang sferoid dengan diameter 0,5  $\mu$ m dan mempunyai membran rangkap.
3. Berasal dari inti (building blocks), diduga berasal dari evaginasi dari membran inti
4. *Monotropic development*, dengan teori ini plastida dianggap sebagai struktur yang otonom yang dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Hal itu dikemukakan karena ada perubahan dari proplastida menjadi leukoplas, kromoplas dan kloroplas, perubahan ini bersifat *irreversibel*.
5. Berasal dari simbiosis, teori ini dikemukakan karena dianggap kloroplas sebagai organisme yang mempunyai DNA dan RNA sendiri yang hidup di dalam sel. Teori ini banyak diragukan orang.

Biogenesis kloroplas dari beberapa ahli yaitu berasal dari kloroplas dewasa yang membelah membentuk yang baru, berasal dari proplastida, berasal dari evaginasi membran inti, berasal dari perubahan satu bentuk ke bentuk yang lain.

Proses komunikasi sel terbagi dalam beberapa tahap yaitu:

### 1. Penerimaan (reception)

Merupakan pendeteksian sinyal atau energy yang datang dari luar oleh sel target. Sel kimia akan terdeteksi, apabila sinyal itu terikat pada protein seluler, dan biasanya pada permukaan sel yang bersangkutan.

### 2. Transduksi

Yaitu pengikatan molekul sinyal yang akan mengubah protein reseptor pada tahap awal. Tahap ini mengubah sinyal menjadi suatu bentuk yang dapat menimbulkan respon seluler spesifik. Transduksi sinyal meliputi aktivitas sebagai berikut:

- a. Pengenalan berbagai sinyal dari luar terhadap reseptor spesifik yang terdapat pada permukaan membrane sel
- b. Penghantaran sinyal melalui membrane sel ke dalam sitoplasma
- c. Penghantaran sinyal kepada molekul efektor spesifik terhadap membrane sel atau efektor spesifik dalam sitoplasma.

### 3. Terputusnya rangkaian sinyal:

Hal ini terjadi apabila rangsangan dari luar mulai berkurang dikarenakan adanya kerusakan atau tidak aktifnya sebagian atau seluruh molekul penghantar.

### 4. Respon

Hal ini dapat berupa hampir seluruh aktivitas seluler seperti katalis suatu enzim, penyusunan ulang sitoskeleton, atau pengaktifan gen spesifik di dalam nukleus.



### PILIHAN BERGANDA

1. Suatu enzim yang terdapat dalam hati dengan konsentrasi yang tinggi, bekerja pada peroksida air dengan menghasilkan air dan oksigen adalah enzim ...  
A. Peroksidase  
B. Katalase  
C. Dehidrogenase  
D. Dehidrase  
E. Oksigenase
2. Organel yang berfungsi aktif pada pembelahan sel dan hanya terdapat pada sel hewan adalah ...  
A. Kromosom  
B. Ribosom  
C. Sentrosom  
D. Lisosom  
E. Autosom
3. Enzim sebagai biokatalisator memiliki ciri khas yaitu ...  
A. Dapat memperlambat atau mempercepat suatu reaksi  
B. Memacu pembentukan energi otot  
C. Hanya dapat bekerja bila tersedia energi ATP  
D. Bekerja pada substrat tertentu  
E. mempercepat gerakan molekul lemak
4. Organel berupa saluran halus dalam sitoplasma dan erat kaitannya dengan sistem angkutan pada sintesis protein adalah ...  
A. Ribosom  
B. Retikulum endoplasma  
C. Plasmadesma  
D. Badan golgi  
E. Lisosom
5. Pernyataan berikut yang ada hubungannya dengan proses yang terjadi pada mitokondria adalah ...  
A. Respirasi sel  
B. Oksidasi lemak  
C. Mengontrol enzim-enzim yang bekerja pada daur Krebs  
D. Mencerna organel lain yang sudah tidak berfungsi
6. Proses bertambahnya volume dan jumlah sel serta jumlah senyawa kimia dalam tubuh yang bersifat irreversible (tidak kembali ke asal) pada jangka waktu tertentu disebut dengan ...  
A. Nutrisi  
B. Respirasi  
C. Pertumbuhan  
D. Eksresi  
E. Sintesis
7. Reaksi gelap pada fotosintesis dinamakan demikian karena ...  
A. Tidak dapat berlangsung siang hari  
B. Berlangsung di tempat gelap  
C. Memerlukan energi cahaya  
D. Terjadi terutama malam hari  
E. Proses yang belum dapat dijelaskan

8. Yang tidak diperlukan untuk proses fotosintesis adalah...

- A. Air
- B. Oksigen
- C. Karbondioksida
- D. Sinar matahari
- E. Klorofil

9. Pada fotosintesis, reaksi pengikatan CO<sub>2</sub> berlangsung di dalam...

- A. Klorofil
- B. Amiloplas
- C. Sitoplasma
- D. Stomata

10. Pada reaksi terang fotosintesis dihasilkan...

- A. NADPH<sub>2</sub>, ATP, dan glukosa
- B. NADPH<sub>2</sub>, ATP dan O<sub>2</sub>
- C. ATP, O<sub>2</sub>, RDP
- D. NADPH<sub>2</sub>, APG, H<sub>2</sub>O
- E. RDP, APG, NADP<sup>+</sup>

### ESSAY

1. Sebutkan perbedaan antara mitokondria dan kloroplas!
2. Jelaskan perbedaan antara reaksi gelap dan reaksi terang yang terjadi di dalam fotosintesis!
3. Bagaimanakah sistem transduksi energy yang terjadi di dalam sel!
4. Sebutkan tiga reaksi kimia yang terjadi pada saat proses respirasi sel berlangsung!
5. Jelaskan tahapan-tahapan transduksi sel!

### GLOSARIUM

<b>ATP</b>	: Adenosine trifosfat
<b>Fotosintesis</b>	: Proses pembuatan molekul makanan berenergi tinggi dari komponen yang lebih sederhana
<b>FADH<sub>2</sub></b>	: Favin adenine dinukleotida
<b>NADH</b>	: Dinukleotida Adenine Nikotinamida
<b>Transduksi energi</b>	: Suatu proses perubahan atau penyampaian energy yang terjadi di dalam sel



## BAB VI NUKLEUS: PUSAT PENGATUR SEL

### 6.1: Pengertian Nukleus

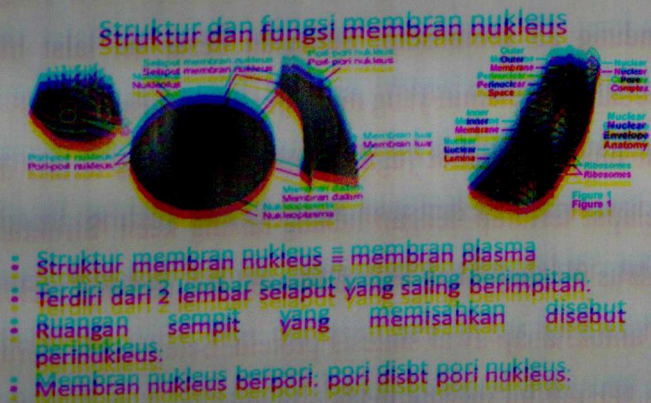
Nukleus adalah pusat kendali yang ditemukan di dalam semua sel-sel Anda di beberapa titik selama hidup mereka. Sebuah nukleus bertanggung jawab untuk menentukan dan mengendalikan apa yang tampak seperti sebuah sel dan apa yang harus dilakukannya.

Nukleus memiliki lebih dari 200 jenis sel dalam tubuh makhluk hidup. Beberapa dapat benar-benar tipis dan panjang, seperti sel saraf yang membentang sepanjang jalan dari sumsum tulang belakang ke kaki. Beberapa, seperti sel lemak, memiliki bentuk lebih bulat. sel-sel terlihat seperti ada satu hal penting yang mereka semua memiliki kesamaan yaitu inti sel (Nukleus). Nukleus adalah pusat kendali yang ditemukan di dalam semua sel-sel di beberapa titik selama hidup. Sebuah nukleus bertanggung jawab untuk menentukan dan mengendalikan dengan yang tampak seperti sebuah sel dan yang harus dilakukannya.

Inti dibungkus oleh selaput inti, sebuah fosfolipida berlapis ganda yang mirip dengan membran plasma. Inti mengandung DNA yang merupakan informasi bawaan dalam sel. DNA tersebar di dalam inti seperti matriks yang mirip benang yang disebut kromatin. Ketika sel mulai membelah diri, kromatin memadat menjadi badan berbentuk tongkat yang disebut kromosom. Setiap kromosom sebelum membelah terdiri atas dua molekul DNA yang panjang dan berbagai molekul histon. Histon berfungsi untuk mengorganisasikan pemanjangan DNA, melilitkannya menjadi kumparan yang disebut nukleosom. Juga terlihat di dalam inti satu nukleolus atau lebih, yang masing-masing terdiri atas DNA yang sedang berada dalam proses untuk membangun komponen ribosom. Ribosom dipindahkan ke sitoplasma untuk merakit asam-asam amino menjadi protein. Inti juga berfungsi sebagai tempat untuk memisahkan kromosom selama pembelahan sel.

### 6.1.1: Struktur Nukleus

Sebuah amplop inti membungkus nukleus untuk tetap terpisah dari bahan sekitarnya dalam sel. Kadang-kadang zat harus pindah atau keluar dari inti, dan hal ini dimungkinkan karena ada lubang-lubang kecil pada amplop nuklir yang disebut pori-pori nuklir. Di dalam inti setidaknya satu massa berwarna gelap yang disebut nukleolus. DNA menempati sebagian besar sisa ruangan di dalam inti. DNA adalah materi genetik yang memiliki instruksi yang diperlukan untuk membangun protein. Protein bertanggung jawab untuk membantu dengan sebagian besar kegiatan dalam sel.



Gambar: 5.8 Struktur Nukleus

### 6.1.2: Selaput Nukleus (Nuclear Envelope)

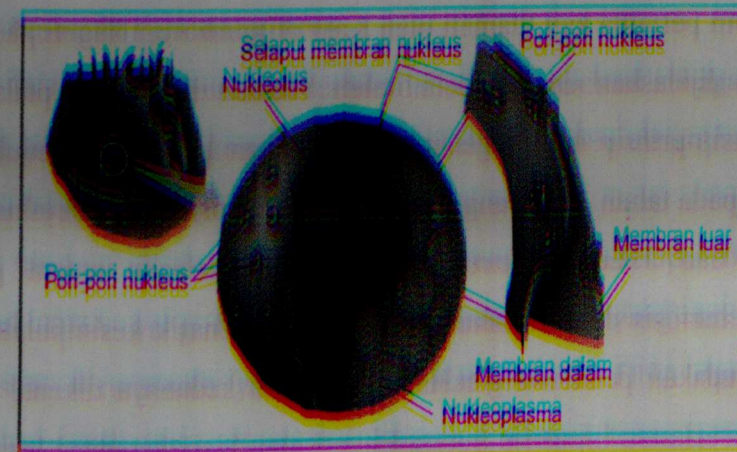
Selaput nukleus merupakan membran ganda. Kedua membran, masing-masing merupakan lapisan ganda lipid beserta protein-protein terkait, dipisahkan oleh ruang selebar 20-40 nm. Selaput nukleus berpori-pori dengan diameter sekitar 100 nm. Pada bibir setiap pori, membran dalam dan membran luar selaput nukleus tersambung. Suatu struktur protein rumit yang disebut kompleks pori melapisi setiap pori dan memainkan peranan penting dalam sel dengan meregulasi keluar-masuknya sebagian besar protein dan RNA, juga kompleks besar seperti makromolekul. Kecuali di pori, sisi selubung yang menghadap nukleus dilapisi oleh lamina nukleus, filamen protein yang tersusun seperti jaring yang mempertahankan bentuk nukleus dengan cara memberikan sokongan mekanis pada selaput nukleus. Terdapat pula banyak bukti tentang keberadaan matriks nukleus, rangka serat yang membentang di seluruh interior nukleus.



Dalam nukleus, DNA terorganisasi menjadi unit-unit diskret yang disebut kromosom, struktur yang membawa informasi genetik. Setiap kromosom terbuat dari materi yang disebut kromatin, kompleks dari protein dan DNA. Kromatin yang diwarnai biasanya terlihat sebagai massa yang tidak jelas, baik menggunakan mikroskop cahaya maupun mikroskop elektron. Akan tetapi, ketika sel bersiap-siap untuk membelah, serat kromatin yang tipis mengumpar (berkondensasi), sehingga cukup tebal untuk dibedakan sebagai struktur tersendiri yang sering di kenal sebagai kromosom. Setiap spesies eukariota memiliki jumlah kromosom yang khas. Sel manusia tipikal, misalnya, mengandung 46 kromosom dalam nukleus kecuali sel kelamin (sel telur dan sperma), yang pada manusia hanya mengandung 23 kromosom. Sebagian besar sel lalat buah memiliki 8 kromosom, kecuali sel kelamin yang memiliki 4 kromosom.

Selaput nukleus disebut juga membran nukleus terdiri dari dua lapisan. Permukaan selaput tertutup dengan lubang-lubang kecil. Struktur berlubang dari membran nukleus menunjukkan bahwa transportasi molekul melintasi penghalang yang penting untuk tahap awal sintesis protein. Selaput inti merupakan membran ganda. Kedua selaput ini masing-masing merupakan bilayer lipid dengan protein. Membran ini dilubangi oleh beberapa pori yang berdiameter sekitar 100 nm. Pada bibir setiap pori membran dalam dan membran luar selaput nukleus menyatu. Pori-pori ini memungkinkan hubungan antara nukleoplasma (cairan inti) dengan sitoplasma (cairan sel). Selain pori, sisi dalam selaput ini dilapisi lamina nukleus yang mirip jaring yang terdiri dari filamen protein yang mempertahankan bentuk susunan nukleus.

Selaput nukleus terdiri dari dua lembar selaput yang saling berhimpitan. Keduanya dipisahkan oleh ruangan sempit yang disebut perinukleus. Lembaran yang disebelah dalam disebut selaput dalam atau selaput nukleoplasma sedangkan lembaran yang disebelah luar disebut selaput luar atau selaput sitosol. Membran nukleus berpori. Pori nukleus ini terbentuk karena menyatunya dua lapis lipid dari selaput nukleoplasma dan selaput sitosol. Fungsi membran nukleus sangat rumit, selaput nukleus merupakan suatu pembatas, karena berpori maka berfungsi sebagai sarana pengangkutan antar ruang.



Gambar 5.1 Selaput Nukleus

## 6.2. Kromosom

Kromosom (bahasa Yunani: chroma, warna; dan soma, badan) merupakan struktur di dalam sel berupa deret panjang molekul yang terdiri dari satu molekul DNA dan berbagai protein terkait yang merupakan informasi genetik suatu organisme, seperti molekul kelima jenis histon dan faktor transkripsi yang terdapat pada beberapa deret, dan termasuk gen unsur regulator dan sekuens nukleotida. Kromosom yang berada di dalam nukleus sel eukariota, secara khusus disebut kromatin.

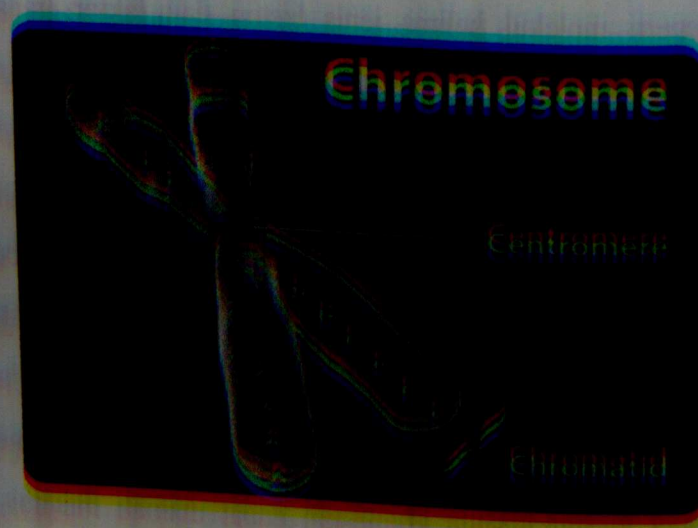
Dalam kromosom eukariota, DNA yang tidak terkondensasi berada dalam struktur order-quasi dalam nukleus, di mana ia membungkus histon (protein struktural), dan di mana material komposit ini disebut kromatin. Selama mitosis (pembelahan sel), kromosom terkondensasi dan disebut kromosom metafase. Hal ini menyebabkan masing-masing kromosom dapat diamati melalui mikroskop optik.

Heterokromatin sangat mampu atau sangat padat dan tidak aktif pada mentranskripsi dan eukromatin yang mampat atau padat dan distribusi seluruh nukleus aktif dan dapat transkripsi.

Setiap kromosom memiliki dua lengan, yang pendek disebut lengan p (dari bahasa Perancis petit yang berarti kecil) dan lengan yang panjang lengan q (q mengikuti p dalam alfabet). Prokariota tidak memiliki histon atau nukleus. Dalam keadaan santainya, DNA dapat diakses untuk transkripsi, regulasi, dan replikasi.



Kromosom pertama kali diamati oleh Karl Wilhelm von Nägeli pada 1842 dan ciri-cirinya dijelaskan dengan detail oleh Walther Flemming pada 1882. Sedangkan Prinsip-prinsip klasik genetika merupakan pemikiran deduksi dari Gregor Mendel pada tahun 1865 yang banyak diabaikan orang hingga tahun 1902, Walter Sutton dan Theodor Boveri menemukan kesamaan antara perilaku kromosom saat meiosis dengan hukum Mendel dan menarik kesimpulan bahwa kromosom merupakan pembawa gen. Hasil penelitian keduanya dikenal sebagai teori Sutton-Boveri atau hipotesis Sutton-Boveri atau teori hereditas kromosom, yang menjadi kontroversi dan perdebatan para pakar kala itu. Pada 1910, Thomas Hunt Morgan membuktikan bahwa kromosom merupakan pembawa gen. Pada tahun 1955, Joe Hin Tjio, seorang ilmuwan Amerika kelahiran Indonesia berhasil membuktikan bahwa kromosom manusia terdiri dari 23 pasang, bukan 24 pasang seperti yang diyakini para ahli genetika sejak lama.



Gambar 5.3 Kromosom

Kromosom menempati pada teritori tertentu yaitu:

- Yang aktif transkripsi pada periferi
- Yang tidak di transkripsi dekat dengan pusat
- Protein pada heterokromatin berikatan pada lamin

### 6.2.1. Nukleus Pelindung DNA

DNA pada umumnya tersebar di dalam nukleus sebagai matriks seperti benang yang disebut kromatin. Ketika sel akan memulai membelah, kromatin akan berkondensasi membentuk struktur histon.

Struktur di dalam nukleus yang merupakan tempat berkonsentrasinya molekul DNA yang lebih padat dan memendek yang selanjutnya disebut kromosom. Kromosom yang tersusun atas molekul DNA dan protein adalah nucleolus (anak inti). Nucleolus berperan sebagai tempat terjadinya sintesis molekul RNA (Ribonucleic acid) dan ribosom. RNA merupakan hasil salinan DNA yang akan ditransfer ke sitoplasma untuk diterjemahkan menjadi rantai asam amino yang disebut protein.

1. Mengeluarkan RNA dan unit ribosom dari inti ke sitoplasma.
2. Membawa informasi genetik.

Didalam nukleus terdapat DNA yang mengandung informasi genetik atau sifat yang dapat diwariskan. Sifat induk diwariskan kepada keturunannya melalui pembelahan sel.

DNA diatur menjadi sekitar 20.000 gen. Tanpa semua gen ini, tubuh tidak akan mampu untuk membuat protein. Protein mutlak diperlukan untuk memastikan segala sesuatu dalam tubuh bekerja dengan benar. Inti membantu melindungi DNA yang sangat penting. Lebih khusus, amplop nuklir membuat gen yang terpisah dari struktur lain di dalam sel.

### 6.2.2. Nukleus Pengelola Banyak Kegiatan Sel

Otak sebagai pusat kendali tubuh ialah Nukleus yang dianggap sebagai pusat kendali sel. Nukleus mengawasi banyak proses yang terjadi di dalam sel. Replikasi DNA yaitu proses duplikasi atau penggandaan materi genetik sel. Replikasi DNA harus terjadi sebelum sel bisa berkembang biak. Pembelahan sel ketika sel mereproduksi atau terbagi menjadi dua sel baru. Setiap sel baru mendapatkan satu salinan DNA duplikasi.



### 6.3: DNA (*Deoksiribonucleat acid*)

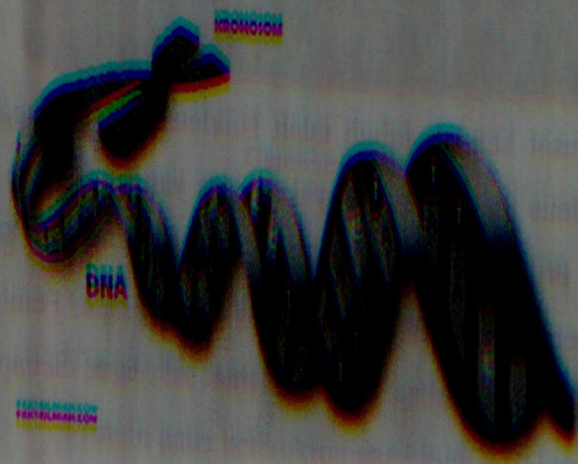
Asam deoksiribonukleat, lebih dikenal dengan DNA merupakan sejenis asam nukleat yang tergolong biomolekul utama penyusun pada setiap organisme. di dalam sel, DNA umumnya terletak di dalam inti sel. DNA merupakan polimer yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu :

- a. gugus fosfat
- b. gula deoksiribosa
- c. basa nitrogen

Pada basa nitrogen terdiri dari yaitu :

- a. Adenina (A)
- b. Guanina (G)
- c. Sitosina (C)
- d. Timina (T)

Rangka utama untai DNA terdiri dari gugus fosfat dan gula yang berselang-seling. Gula pada DNA adalah gula pentosa (berkarbon lima), yaitu 2-deoksiribosa. Dua gugus gula terhubung dengan fosfat melalui ikatan fosfodiester antara atom karbon ketiga pada cincin satu gula dan atom karbon kelima pada gula lainnya. Salah satu perbedaan utama DNA dan RNA adalah gula penyusunnya gula RNA adalah ribosa.



Gambar 5.3 DNA

### 6.4: GEN

Gen adalah bagian kromosom atau salah satu kesatuan kimia (DNA) dalam kromosom, yaitu dalam lokus yang mengendalikan ciri genetis suatu makhluk hidup. Gen diwariskan oleh satu individu kepada keturunannya melalui suatu proses reproduksi. Dengan demikian, informasi yang menjaga keutuhan bentuk dan fungsi kehidupan suatu organisme dapat terjaga. Gen terdapat berpasangan dalam satu lokus pada kromosom homolog. Masing-masing gen dalam pasangan itu disebut alel. Kedua alel dapat membawa ciri sifat yang sama atau berbeda, misalnya sifat tangkai panjang dan tangkai. Pengertian Gen (gene) itu sendiri adalah unit dasar dari hereditas, yang terletak pada kromosom (chromosome), yaitu suatu struktur yang bentuknya seperti tongkat dan terletak ditengah-tengah (nucleus) setiap sel tubuh. GEN merupakan "substansi hereditas" yang terletak di dalam kromosom, yang memiliki sifat-sifat sebagai materi tersendiri yang terdapat dalam kromosom, Mengandung informasi genetika dan dapat menduplikasikan diri pada peristiwa pembelahan sel.

#### ➤ Hubungan gen dengan DNA

Secara substansi sesungguhnya gen merupakan sepenggal DNA yang diseliputi dan diikat oleh protein, serta berfungsi sebagai tempat penentu sifat organisme. Selain itu gen bersifat antara lain :

- 1) Sebagai suatu materi tersendiri yang terdapat dalam kromosom.
- 2) Mengandung informasi genetik atau sifat hereditas.
- 3) Mengatur perkembangan dan proses metabolisme individu.
- 4) Dapat menduplikasikan diri pada peristiwa pembelahan sel.

#### ➤ Hubungan Gen dengan Kromosom

Kromosom mengandung DNA. Total keseluruhan informasi genetik yang disimpan didalam kromosom disebut genom. Genom DNA tersusun atas gen-gen satu gen mengandung satu unit informasi mengenai suatu sifat yang dapat diamati. Gen juga dianggap sebagai fragmen DNA didalam kromosom.



## ➤ Hubungan Gen Kromosom dan DNA

Bagian utama sebuah sel adalah nukleus, di dalam nukleus terdapat benang-benang halus yang disebut kromatin. Pada saat sel akan mulai membelah diri, benang-benang halus tersebut menebal, memendek dan mudah menyerab warna membentuk kromosom. Kromosom adalah struktur padat yang terdiri dari dua komponen molekul, yaitu DNA dan protein. Secara struktural perubahan DNA dan protein menjadi kromosom diawali pada saat profase. Molekul DNA akan berikatan dengan protein histon dan nonhiston membentuk sejumlah nukleosom. Unit-unit nukleosom bergabung memadat membentuk benang yang lebih padat dan terpilin menjadi lipatan-lipatan solenoid. Lipatan solenoid tersusun padat menjadi benang-benang kromatin. Benang-benang kromatin akan tersusun memadat membentuk lengan kromatin. Selanjutnya kromatin akan mengganda dan membentuk kromosom.

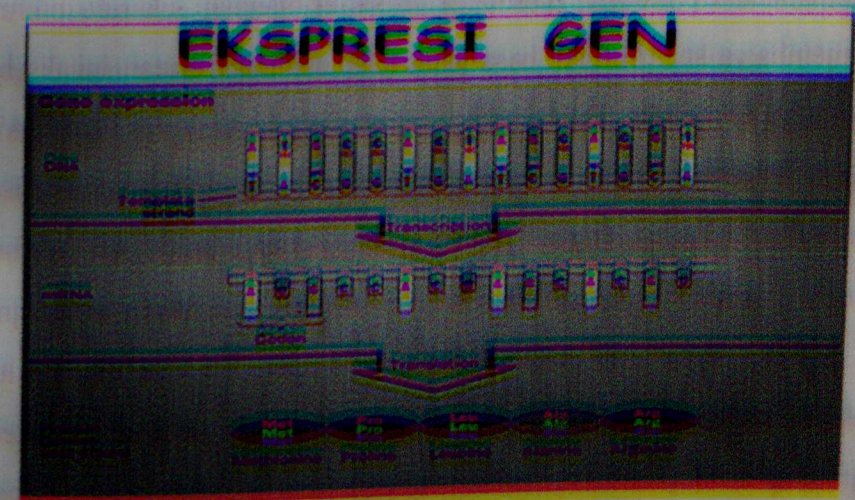
## ➤ Proses selaput Nukleus dan DNA, Gen, Kromosom dan Ekspresi Gen

Prosesnya terjadi pada karakteristik atau kekhasan yang ada pada manusia yang penyusunannya dari bagian unit terkecil dari tubuh manusia yaitu dengan sel yaitu pada waktu pertemuan ovum dengan sperma mengalami proses dari DNA dimana DNA bertindak dari kegiatan sel yang secara tidak langsung adalah gen dan gen itu sendiri adalah bagian dari DNA dan DNA membentuk kromosom dan kromosom terletak di dalam nukleus sel atau selaput nukleus. Proses kerja DNA yaitu dalam mengintruksi dari sel-sel tubuh manusia yang terbuat dari air, mineral, protein, gula, lemak, dan DNA dan DNA akan bertindak sebagai kode molekuler untuk membuat satu protein sisa dari DNA dalam genom membantu untuk menentukan atau mengarahkan setiap gen yang masuk dan harus digunakan.

Secara sederhana proses DNA dalam tubuh manusia dan peran protein sangat beragam seperti sebagai pengatur aktivitas gen, enzim, dan elemen pada struktural pada protein yang dihasilkan trait-trait tersebut akan membangun atau menentukan pada sistem-sistem yang ada pada tubuh manusia seperti integumentary sistem dan muscular dan untuk sifat-sifat atau trait yang dapat digunakan dengan jelas golongan sifat kuantitatif misalnya tinggi atau berat badannya terdapat pada proses genetik dan untuk menentukan trait tidak hanya

pada gen tetapi berasal dari itren manusia didalam genetik traits disebut juga fenotip dan fenotip adalah suatu karakteristik (baik struktural atau merupakan pembawa atau pelaku) yang sebagai pengatur oleh genotip :

## 6.5. Ekspresi gen



Gambar 5.4. Ekspresi Gen

Ekspresi gen merupakan proses menggunakan DNA dalam gen untuk membuat suatu produk, seperti protein. Ekspresi gen sebagai penerjemahan informasi yang dikode oleh gen menjadi urutan asam amino dalam sintesis protein. Setiap sel dalam tubuh memiliki gen yang sama, namun hanya beberapa yang digunakan untuk membuat protein.

Hanya gen ini dianggap diungkapkan atau dihidupkan. Ini adalah gen aktif yang memberikan sel fungsi tertentu dan bentuk. Transkripsi adalah proses menciptakan molekul RNA menggunakan instruksi DNA. Ini adalah langkah pertama dalam membuat protein. Ini melibatkan menghasilkan tiga jenis RNA yaitu :

- 1) mRNA adalah RNA messenger. Ini membawa instruksi untuk membuat protein.
- 2) tRNA adalah RNA transfer. Ini membantu dengan menghasilkan protein.
- 3) rRNA adalah RNA ribosom. Hal ini juga membantu dengan pembangunan proteintetapi itu adalah satu-satunya jenis RNA untuk dicatat atau dibuat dalam nukleolus.



## Tahap-Tahap Transkripsi

Transkripsi berlangsung melalui empat tahap, yaitu pengenalan promotor, inisiasi, elongasi, dan terminasi, yaitu :

1. Enzim RNA polimerase mengikat untai DNA cetakan pada suatu daerah yang mempunyai urutan basa tertentu sepanjang 20 hingga 200 basa. Daerah ini dinamakan promotor. Baik pada prokariot maupun eukariot, promotor selalu membawa suatu urutan basa yang tetap sehingga urutan ini disebut sebagai urutan konsensus. Pada prokariot urutan konsensusnya adalah TATAAT dan disebut kotak Pribnow, sedangkan pada eukariot urutan konsensusnya adalah TATAAAT dan disebut kotak TATA. Urutan konsensus berfungsi untuk menunjukkan kepada RNA polimerase tempat dimulainya sintesis.
2. Setelah mengalami pengikatan oleh promotor, RNA polimerase akan terikat pada suatu tempat di dekat daerah promotor, yang disebut tempat awal polimerisasi. Nukleosida trifosfat pertama akan diletakkan di tempat ini dan sintesis RNA pun segera dimulai.
3. Selama sintesis RNA, RNA polimerase bergerak di sepanjang molekul DNA cetakan sambil menambahkan nukleotida demi nukleotida kepada untai RNA yang sedang diperpanjang.
4. Molekul RNA yang baru saja selesai disintesis, dan juga enzim RNA polimerase, segera terlepas dari untai DNA cetakan begitu enzim tersebut mencapai urutan basa pengakhir (terminasi). Terminasi dapat terjadi oleh dua macam sebab, yaitu terminasi yang hanya bergantung kepada urutan basa cetakan (disebut terminasi diri) dan terminasi yang memerlukan kehadiran suatu protein khusus (protein rho). Di antara keduanya terminasi diri lebih umum dijumpai. Terminasi diri terjadi pada urutan basa palindrom yang diikuti oleh beberapa adenin (A). Urutan palindrom adalah urutan yang sama jika dibaca dari dua arah yang berlawanan. Oleh karena urutan palindrom ini biasanya diselingi oleh beberapa basa tertentu, maka molekul RNA yang dihasilkan akan mempunyai ujung terminasi berbentuk batang dan kela (loop).

Secara umum mekanisme transkripsi pada prokariot dan eukariot hampir sama. Hanya saja, pada prokariot produk transkrip primernya adalah mRNA, sedangkan pada eukariot transkrip primernya harus mengalami prosesing RNA

terlebih dahulu sebelum menjadi mRNA. Prosesing RNA ini mencakup dua peristiwa, yaitu perubahan kedua ujung transkrip primer dan pembuangan urutan basa pada transkrip primer yang tidak akan ditranslasi (disebut intron). Ujung 5' diubah dengan penambahan guanosin dalam ikatan 5'-5' yang tidak umum hingga terbentuk suatu gugus terminal yang dinamakan cap, sedangkan ujung 3' diubah dengan urutan poliadenosin (poli A) sepanjang lebih kurang 200 basa. Sementara itu, panjang intron yang harus dibuang dapat mencapai 50% hingga 90% dari panjang transkrip primer, tetapi segmen yang mengandung ujung 5' (gugus cap) tidak pernah dibuang. Setelah intron dibuang, segmen-segmen sisanya (disebut ekson) segera digabungkan menjadi mRNA. Pembuangan intron dan penggabungan ekson menjadi molekul mRNA dinamakan penyatuan RNA atau RNA splicing.

Transkripsi DNA menghasilkan molekul RNA yang kemudian akan mengalami diferensiasi struktur sesuai dengan fungsinya masing-masing. Fungsi dasar yang harus dijalankan oleh DNA sebagai materi genetik adalah fungsi fenotipik. Berarti, DNA harus mampu mengatur pertumbuhan dan diferensiasi individu organisme sehingga dihasilkan suatu fenotipe tertentu.

Fenotipe organisme sangat ditentukan oleh hasil interaksi protein-protein di dalam sel. Setiap protein tersusun dari sejumlah asam amino dengan urutan tertentu, dan setiap asam amino pembentukannya disandi (dikode) oleh urutan basa nitrogen di dalam molekul DNA. Rangkaian proses ini, mulai dari DNA hingga terbentuknya asam amino, dikenal sebagai dogma sentral genetika molekuler. Penjelasan proses tentang transkripsi merupakan tahapan awal proses sintesis protein yang nantinya akan berlanjut pada ekspresi sifat-sifat genetik yang muncul sebagai fenotip sehingga proses sintesis molekul RNA pada DNA akan terjadi pada inti sel atau nukleus yaitu pada organisme ukariotik dan pada organisme prokariotik berada di sitoplasma karena tidak memiliki inti sel atau tempatnya pada kromosom. Komponen yang terlibat pada proses transkripsi yaitu :

- a. DNA adalah tempat atau cetakan yang terdiri atas basa nukleotida adenin, guanin, timin dan sitosin
- b. Enzim merupakan Rna polimerase
- c. Terdapat faktor-faktor Transkripsi



d. Sebagai bahan yang di tambahkan sebagai penginduksi

Tahapan dalam proses transkripsi pada dasar terdiri atas tiga tahap yaitu :

**a. Inisiasi ( pengawalan)**

Inisiasi merupakan tempat penggabungan dari beberapa nukleotida awal dan perubahan pada konformasi RNA polimerase karena struktur sigma yang lepas dari kompleks holoenzim.

**b. Elongasi (pemanjangan)**

Elongasi adalah proses pemanjang pada nukleotida setelah RNA menempel pada promotor maka enzim akan terus bergerak sepanjang molekul DNA dengan cara mengurai.

**c. Terminasi**

Terminasi adalah tempat berakhirnya ketika nukleotida tertentu akan berhenti pada kodon dan selanjutnya RNA akan terlepas dari DNA dan menuju pada ribosom.

Translasi adalah langkah terakhir untuk menghasilkan protein, tetapi terjadi di luar inti. Jadi setelah transkripsi dari ketiga jenis RNA, molekul-molekul ini harus meninggalkan inti. Satu-satunya cara untuk molekul RNA untuk keluar adalah melalui pori-pori Nukleus. Setelah di luar, instruksi mRNA akan dikeluarkan dengan bantuan rRNA dan tRNA digunakan untuk membuat protein. Protein bertanggung jawab untuk mengendalikan semua reaksi kimia dalam sel dengan bantuan sintesis protein.

Translasi merupakan proses yang lebih rumit karena melibatkan fungsi berbagai makromolekul. Karena kebanyakan di antara makromolekul ini terdapat dalam jumlah besar di dalam sel, maka sistem translasi menjadi bagian utama mesin metabolisme pada tiap sel.

Translasi, atau sintesis protein, berlangsung di dalam ribosom. Ribosom terdiri atas dua subunit, besar dan kecil, yang akan menyatu selama inisiasi translasi dan terpisah ketika translasi telah selesai. Ukuran ribosom sering dinyatakan atas dasar laju pengendapannya selama sentrifugasi sebagai satuan

yang disebut satuan Svedberg (S). Pada kebanyakan prokariot ribosom mempunyai ukuran 70S, sedangkan pada eukariot biasanya sekitar 80S.

Tiap ribosom mempunyai dua tempat pengikatan tRNA, yang masing-masing dinamakan tapak aminoasil (tapak A) dan tapak peptidil (tapak P). Gambaran penting sintesis protein adalah proses ini berlangsung dengan arah tertentu sebagai berikut :

a. Molekul mRNA ditranslasi dengan arah  $5' \rightarrow 3'$ , tetapi tidak dari ujung  $5'$  hingga ujung  $3'$ .

b. Polipeptida disintesis dari ujung amino ke ujung karboksil dengan menambahkan asam-asam amino satu demi satu ke ujung karboksil.

Pada prokariot translasi seringkali dimulai sebelum transkripsi berakhir. Hal ini dimungkinkan terjadi karena tidak memiliki dinding nukleus yang memisahkan antara transkripsi dan translasi. Dengan berlangsungnya kedua proses tersebut secara bersamaan, ekspresi gen menjadi sangat cepat dan mekanisme nyala-padam (turn on-turn off) ekspresi gen.

Namun, berbeda halnya dengan eukariot. Transkripsi terjadi di dalam nukleus, sedangkan translasi terjadi di sitoplasma (ribosom). Transkripsi dan translasi pada eukariot jauh lebih rumit daripada proses yang ada pada prokariot. Salah satu di antaranya seperti telah kita bahas di atas, bahwa mRNA hasil transkripsi (transkrip primer) pada eukariot memerlukan prosesing terlebih dahulu sebelum dapat ditranslasi.

## 6.6. Pengaturan Ekspresi Gen

Dalam sintesis protein, informasi genetik yang dibawa DNA akan disalin menjadi mRNA melalui proses transkripsi. Selanjutnya mRNA yang terbentuk diterjemahkan menjadi polipeptida melalui proses translasi. Ekspresi gen adalah proses penentuan sifat suatu organisme oleh gen. Suatu sifat yang dimiliki oleh organisme merupakan hasil metabolisme yang terjadi di dalam sel. Proses metabolisme dapat berlangsung karena adanya enzim yang berfungsi sebagai katalisator proses-proses biokimia. Enzim dan protein lainnya diterjemahkan dari urutan nukleotida yang ada pada molekul mRNA, dan molekul mRNA itu sendiri



disintesis berdasarkan untai cetakan DNA. Gen tersusun dari molekul DNA, sehingga gen menentukan sifat suatu organ.

Produk-produk gen tertentu seperti protein ribosomal, rRNA, tRNA, RNA polimerase, dan enzim-enzim yang mengatalisis berbagai reaksi metabolisme yang berkaitan dengan fungsi pemeliharaan sel merupakan komponen esensial bagi semua sel. Gen = gen yang menyandi pembentukan produk perlu diekspresikan terus-menerus sepanjang umur individu di hampir semua jenis sel tanpa bergantung kepada kondisi lingkungan di sekitarnya. Sementara itu, banyak pula gen lainnya yang ekspresinya sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan sehingga mereka hanya akan diekspresikan pada waktu dan di dalam jenis sel tertentu. Untuk gen-gen semacam ini harus ada mekanisme pengaturan ekspresinya.

Pengaturan ekspresi gen dapat terjadi pada berbagai tahap, misalnya transkripsi, prosesing mRNA, atau translasi. Namun, sejumlah data hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan ekspresi gen, khususnya pada prokariot, paling banyak terjadi pada tahap transkripsi.

Mekanisme pengaturan transkripsi, baik pada sel prokariot maupun pada eukariot, secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu (1) mekanisme yang melibatkan penyalapadaman (turn on and turn off) ekspresi gen sebagai respon terhadap perubahan kondisi lingkungan dan (2) sirkuit ekspresi gen yang telah terprogram (preprogrammed circuits). Mekanisme penyalapadaman sangat penting bagi mikroorganisme untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan yang seringkali terjadi secara tiba-tiba. Sebaliknya, bagi sel eukariot mekanisme ini nampaknya tidak terlalu penting karena pada organisme ini sel justru cenderung merespon sinyal = sinyal yang datang dari dalam tubuh, dan di sisi lain, sistem sirkulasi akan menjadi penyangga bagi sel terhadap perubahan kondisi lingkungan yang mendadak tersebut. Pada mekanisme sirkuit, produk suatu gen akan menekan transkripsi gen itu sendiri dan sekaligus memacu transkripsi gen kedua, produk gen kedua akan menekan transkripsi gen kedua dan memacu transkripsi gen ketiga, demikian seterusnya. Ekspresi gen yang berurutan ini telah terprogram secara genetik sehingga gen = gen tersebut tidak akan dapat

diekspresikan di luar urutan. Oleh karena urutan ekspresinya berupa sirkuit, maka mekanisme tersebut dinamakan sirkuit ekspresi gen.

#### A. Transkripsi pada Sel Prokariotik dan Eukariotik

Transkripsi pada dasarnya adalah proses penyalinan urutan nukleotida yang terdapat pada molekul DNA menjadi RNA. Dalam proses transkripsi, hanya salah satu untai DNA yang disalin menjadi urutan nukleotida RNA (transkrip RNA). Urutan nukleotida pada transkrip RNA bersifat komplementer dengan urutan DNA cetakan (DNA template), tetapi identik dengan urutan nukleotida DNA pada untai dalam pengkodea.



Gambar 5.5 Sel Prokariotik Dan Eukariotik

Pada sel prokariotik terdiri dari tiga macam gen yaitu :

##### a). Promoter

Adalah bagian yang berperan dalam mengendalikan proses transkripsi dan terletak pada ujung sel. Fungsi promoter adalah sebagai tempat awal pelekatan enzim RNA polimerase yang nantinya melakukan transkripsi pada bagian gen struktural. Salah satu bagian penting promoter disebut sebagai Pribnow box pada urutan nukleotida. Oleh karena itu urutan consensus pada Pribnow box dan sering kali disebut juga TATA box. Pribnow box berperanan dalam mengarahkan enzim RNA polimerase sehingga arah transkripsinya adalah dari ujungnya. Selain itu daerah ini merupakan tempat pembukaan heliks DNA untuk membentuk kompleks promoter yang terbuka.



### b). Struktural

Adalah bagian yang mengandung urutan DNA spesifik (kode genetik) yang akan ditranskripsi.

### c). Terminator

Adalah bagian yang memberikan sinyal pada enzim RNA polimerase untuk menghentikan proses transkripsi. dalam Signal terminasi dicirikan oleh struktur jepit rambut atau hairpin dan lengkungan yang kaya yang akan urutan yang terbentuk pada molekul RNA dari hasil transkripsi.

Proses terminasi pada sel prokariotik dipengaruhi oleh :

#### a). Urutan nukleotida (Rho independent)

Terminasi dilakukan tanpa harus melibatkan protein khusus, namun ditentukan oleh adanya urutan nukleotida tertentu pada bagian terminator. Ciri urutan adalah adanya struktur jepit rambut atau hairpin yang kaya akan basa : Akibat struktur itu, RNA polimerase berhenti dan membuka bagian dari sambungan (hibrid) DNA dan RNA. Sisa hibrid merupakan urutan oligo U (rU) yang tidak cukup stabil berpasangan dengan A (dA) atau ikatan hidrogen hanya dua buah yang akibatnya ikatan lemah terlepas dan RNA hasil transkripsi lepas.

#### b). Protein atau faktor (Rho dependent)

Terminasi memerlukan protein rho. Faktor rho terikat pada RNA transkrip kemudian mengikuti RNA polimerase sampai ke daerah terminator. Faktor rho membentuk destabilisasi ikatan RNA dan DNA hingga akhirnya RNA terlepas.

### \* Sel Eukariotik

Pada sel eukariotik gen dibedakan menjadi tiga macam kelas yaitu :

#### a). Gen kelas satu

Meliputi gen-gen yg mengkode 18S rRNA, 28S rRNA dan 5.8S rRNA (ditranskripsi oleh RNA polimerase satu ). Pada gen kelas satu terdapat dua macam promotor yaitu promotor antara (spacer promoter) dan promotor utama.

### b). Gen kelas dua

Meliputi semua gen yang mengkode protein dan beberapa RNA berukuran kecil yang terdapat di dalam nukleus (ditranskripsi oleh RNA polimerase dua ). Promoter gen kelas dua terdiri atas empat elemen yaitu sekuens pemulai (initiator) yg terletak pada daerah inisiasi transkripsi, elemen hilir (downstream) yang terletak disebelah hilir dari titik awal transkripsi kotak TATA dan suatu elemen hulu (upstream).

### c). Gen kelas tiga

Meliputi gen-gen yg mengkode tRNA, 5S rRNA dan beberapa RNA kecil yang ada di dalam nukleus (ditranskripsi oleh RNA polimerase tiga ). Sebagian besar gen kelas tiga merupakan suatu cluster dan berulang.

### \* Sistem operon

#### a. Sel prokariotik

Pada prokariotik, gen diorganisasikan dalam satu sistem operon. Satu promotor untuk mengendalikan seluruh gen struktural. Contoh dari operon adalah operon lac yang mengendalikan kemampuan metabolisme laktosa pada bakteri Eschericia coli.

#### b. Sel Eukariotik

Pada eukariotik, tidak dikenal adanya sistem operon karena satu promotor mengendalikan seluruh gen struktural. Pada gen struktural eukariotik, keberadaan intron merupakan hal yang sering dijumpai meskipun tidak semua gen eukariotik mengandung intron.

### \* Sistem ekskresi gen

#### a. Sel prokariotik

Sifat ekspresi gen mRNA pada sel Prokariotik adalah polisistronik hal ini berarti dalam satu transkrip terkandung lebih dari satu rangkaian kodon (sistron) polipeptida yang berbeda.



## **b. Sel Eukariotik**

Sifat ekspresi gen mRNA pada sel eukariotik adalah monosistronik. Hal ini berarti dalam satu transkrip yang dihasilkan hanya mengkode satu macam produk ekspresi gen. Satu mRNA membawa satu macam rangkaian kodon untuk satu macam polipeptida.

### **\* Proses splicing:**

#### **a. Sel prokariotik**

Splicing merupakan proses pemotongan dan penyambungan RNA. Pada sel prokariotik tidak terjadi splicing. Hal ini dikarenakan pada sel prokariotik tidak terdapat intron dalam satu untai mRNA hasil transkripsi (kecuali pada beberapa Archaea tertentu).

#### **b. Sel Eukariotik**

Pada sel eukariotik terjadi splicing karena dalam satu untai mRNA hasil transkripsi yang akan diterjemahkan terdapat intron dan ekson yang berseling-seling. Terjadinya splicing ini adalah ketika fase pasca transkripsi. Awalnya, gen memiliki dua macam kode yakni ekson dan intron. Ekson merupakan kode yang dipakai sedangkan intron merupakan kode yang tidak pakai dan akan dibuang. Selanjutnya terjadi proses pemotongan intron dan penyambungan ekson. Sehingga akan terbentuklah mRNA yang matang dan selanjutnya akan ditransfer ke sitoplasma untuk melalui tahap selanjutnya dalam translasi di ribosom.

### **\* Proses capping dan poliadenilasi**

#### **a. Sel Prokariotik**

Pada sel prokariotik tidak terjadi proses capping dan poliadenilasi. Hasil dari sintesis RNA polimerase dapat langsung di lanjutkan oleh proses transkripsi.

#### **b. Sel Eukariotik**

Pada sel eukariotik, setiap ujung molekul pre-mRNA yang telah terbentuk dimodifikasi dengan cara tertentu. Ujungnya yaitu ujung depan, pertama kali

dibuat saat transkripsi segera ditutup dengan nukleotida guanin (G) yang termodifikasi. Proses capping (pemberian topi) ini mempunyai fungsi yaitu :

- Ujung ini melindungi mRNA dari degradasi enzim hidrolisis.
- Setelah mRNA sampai di sitoplasma yang ujung lainnya berfungsi sebagai bagian tanda pelekatan pada ribosom.

Pada ujung tiga suatu enzim terjadi proses poliadenilasi yakni penambahan ekor yang terdiri dari 30-200 nukleotida adenin. Ekor poli(A) berfungsi mempermudah ekspor mRNA dari nukleus.

## **B. Translasi pada Sel Prokariotik dan Eukariotik**

Translasi adalah proses penerjemahan urutan nukleotida yang ada pada molekul mRNA menjadi rangkaian asam amino yang menyusun suatu polipeptida atau protein. RNA yang ditranslasi adalah mRNA, sedangkan tRNA dan rRNA tidak ditranslasi. Molekul rRNA adalah salah satu dari molekul penyusun ribosom yaitu organel tempat berlangsungnya sintesis protein, sedangkan tRNA adalah pembawa asam-asam amino yang akan disambungkan menjadi rantai polipeptida. Proses translasi pada sel prokariotik dan eukariotik dapat dijelaskan sebagai berikut :

### **a. Waktu dan Tempat**

#### **1. Sel Prokariotik**

Pada sel prokariotik, proses translasi terjadi sebelum transkripsi selesai sempurna. hal ini berarti proses terjadinya translasi dan transkripsi hampir berkelompok dan sama-sama terjadi di sitoplasma. ini dikarenakan tidak dalam membran inti.

#### **2. Sel Eukariotik**

Pada sel eukariotik, proses translasi terjadi setelah transkripsi selesai (tidak terjadi secara bersamaan). Sebelum proses translasi terdapat fase pasca transkripsi. Terjadinya proses translasi ini berbeda dengan transkripsi karena terjadi di sitoplasma. Ini dikarenakan terdapat membran yang membatasi antara nukleus dan sitoplasma.



## b. Proses Inisiasi

### 1. Sel Prokariotik

RNA polimerase menempel langsung pada DNA di promoter tanpa ada ikatan dengan protein tertentu. Kodon inisiasi pada prokariot adalah formil atau metionin.

### 2. Sel Eukariotik

Terdapat transkripsi faktor berupa protein sebagai tempat menempelnya RNA polimerase. Kodon inisiasi pada eukariotik adalah metionin.

## c. Sub unit Ribosom

### 1. Sel Prokariotik

Sub unit ribosomal adalah 70S yang terdiri dari bagian besar 50S dan bagian kecil 30S.

### 2. Sel Eukariot

Sub unit ribosomal adalah 80S yang terdiri dari bagian besar 60S dan bagian kecil.

## Pengendalian Ekspresi Gen

### 1). Pengendalian Negatif Ekspresi Gen

Gen regulator menghasilkan suatu protein represor yg dikode oleh gen lacI. Represor ini menempel pd daerah operator (lacO) yang terletak disebelah hilir promoter. Operator lac berukuran sekitar 28 pasang basa. Penempelan menyebabkan RNA polimerase tidak dapat melakukan transkripsi gen-gen struktural (lacZ, lacY dan lacA) sehingga operon mengalami represi. Pengendalian negatif disebutkan bahwa induser melekat pada bagian represor dan mengubah sisi allosterik dari represor, sehingga mengubah secara allosterik konformasi molekul represor, kemudian represor tidak dapat menempel lagi pada operator dan represor tidak mampu menghambat transkripsi. RNA polimerase akan terus berjalan. Represor yang dihasilkan oleh gen regulator tidak berikatan dengan ko-represor akan tidak aktif dan transkripsi pun akan berjalan.

Represor yang berikatan dengan ko-represor pada sisi allosteriknya akan menghambat transkripsi.

### 2). Pengendalian Positif Ekspresi Gen

Gen regulator menghasilkan suatu aktivator yang belum aktif, sehingga transkripsi tidak bisa berjalan. Aktivator yang dihasilkan oleh gen regulator berikatan dengan protein induser sehingga aktivator akan tereaktivasi dan transkripsi pun berjalan. Gen regulator yang menghasilkan suatu aktivator yang sudah aktif dan transkripsi akan berjalan. Aktivator akan berikatan dengan ko-represor sehingga menjadi tidak aktif, maka tidak terjadi transkripsi.

### 3). Pengendalian ekspresi gen secara konstitutif

Pengaturan ekspresi gen selalu berjalan terus. Kelompok gen konstitutif merupakan kelompok gen yang bertanggung jawab terhadap metabolisme dasar, misalnya metabolisme energi atau sintesis komponen-komponen selular, sehingga pengaturan ekspresi gen ini harus berjalan secara kontinu.

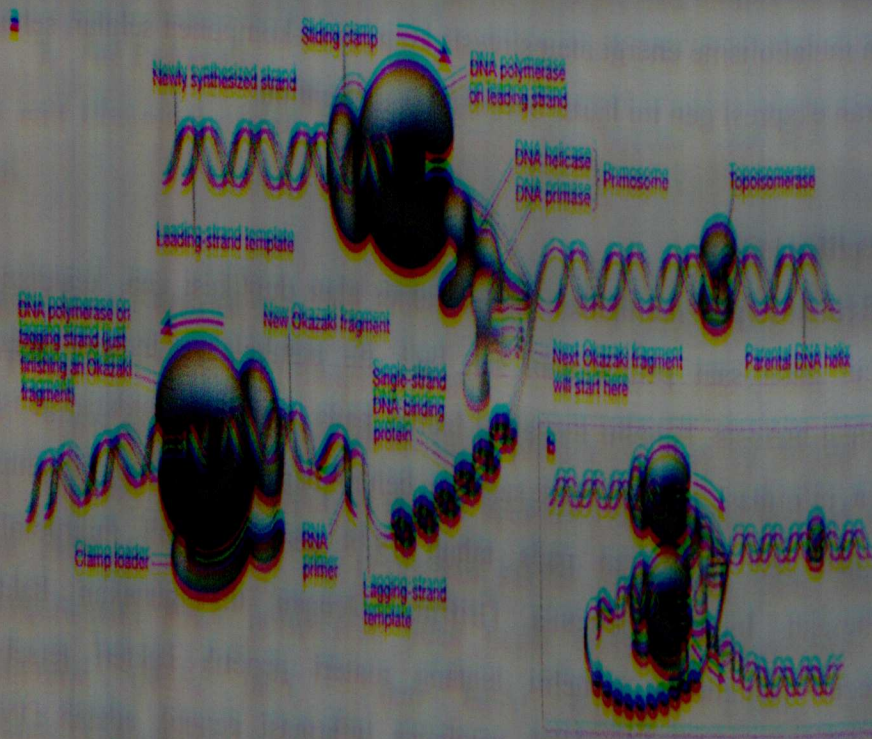
## 6.7. Replikasi Gen

Replikasi gen merupakan perbanyakan atau duplikasi gen, kejadian ini ditemukan pada saat pembelahan sel, baik itu pembelahan mitosis maupun pembelahan meiosis. Peneliti meyakini bahwa pada kromosom terdapat gen-gen pembawa informasi genetik. Pada saat itu belum banyak diketahui bagaimana bentuk gen itu. Kemudian pada tahun 1928 seorang ahli mikrobiologi berkebangsaan Inggris bernama Griffith. Dengan menggunakan bakteri *Diplococcus pneumonia* meneliti tentang materi genetik bakteri tersebut, kesimpulan yang di dapat adalah pembawa informasi genetik adalah DNA. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Oswald Avery pada tahun 1944 di Institut Rokefeller New York dengan menggunakan bakteri yang sama tapi dengan metoda yang berbeda (lebih canggih) yaitu bakteri strain patogen diambil materi genetiknya lalu dimurnikan dan akhirnya dimasukkan ke dalam sel bakteri nonpatogen, hasilnya bakteri nonpatogen itu menjadi patogen, dengan demikian diyakini pembawa informasi genetik itu adalah DNA. Sampai disini disepakati



bahwa Gen itu adalah: bagian atau segmen dari DNA yang berperan sebagai pembawa informasi genetik melalui pembentukan secara tidak langsung molekul-molekul protein.

Struktur DNA terdiri dari dua rantai polinukleotida yang berbentuk helix berputar ke kanan melingkari satu sumbu membentuk helix berganda. kedua rantai berpasangan satu dengan yang lainnya dalam posisi anti paralel dan arah rantai yang satu dengan rantai yang lainnya berlawanan arah. kedua rantai helix melingkar tersebut sedemikian rupa sehingga keduanya tidak dapat dipisahkan kecuali dengan perlakuan. Gugus-gugus basa purin dan pirimidin dari kedua rantai terletak di bagian dalam dan basa-basa dari rantai pertama berpasangan dengan basa-basa dari rantai kedua. Basa-basa tersebut berpasangan sedemikian rupa sehingga basa Adenin (A) berpasangan dengan Timin (T) dan Guanin (G) berpasangan dengan Cytosin (C).



Gambar 5.6: Replikasi Gen

Pasangan = pasangan tersebut terjadi karena adanya ikatan hidrogen antara basa dari rantai pertama dengan rantai kedua. Pasangan basa pada rantai yang satu dengan rantai kedua merupakan pasangan komplementer. Setelah diketahui postulat ini barulah perkembangan di bidang sel sangat maju, bahkan

dapat menggunakan DNA untuk melacak penyakit = penyakit keturunan dan sekaligus dapat memperbaiki kelainan DNA yang mengalami kelainan tersebut.

## 6.8. Nukleolus

Nukleolus merupakan salah satu organel yang paling penting dari sel eukariotik. Fungsi yang berbeda dilakukan oleh Nukleolus tercantum dalam artikel ini. Penelitian lebih lanjut pada fungsi dan struktur Nukleolus akan mengungkapkan beberapa rincian yang berguna tentang organel sel. Rantai RNA dan DNA adalah komponen struktural nukleolus. Ini terdiri dari komponen granular dan urat saraf. Komponen urat saraf dikategorikan menjadi urat saraf pusat dan komponen urat saraf padat. Tipe organisasi struktural nukleolus ditemukan dalam sel-sel eukariotik. Nukleolus vakuola hanya ditemukan dalam sel tanaman. Nukleolus yang terdapat dalam bentuk tunas ragi lebih besar dibandingkan pada sel lain. Ini mencakup hampir setengah inti nukleolus yang ada dalam matriks inti tidak dikelilingi oleh semacam membran. Komponen utama dari sel ini organel adalah asam ribonukleat (RNA), asam deoksiribonukleat (DNA) dan protein.



Gambar: 5.7 Nukleolus



### 6.8.1. Fungsi Nukleolus

Fungsi utama dari nukleolus adalah untuk memproduksi dan merakit subunit yang membentuk ribosom. Ribosom adalah situs untuk sintesis protein. Nukleolus memainkan peran tidak langsung namun penting dalam sintesis protein dengan merakit subunit ribosom. Nukleolus melaksanakan 50% dari total produksi RNA yang terjadi dalam sel. Fungsi ini dikaitkan dengan ratusan r-gen yang ada dalam nukleolus.

Perakitan subunit ribosom terjadi dengan cara sebagai berikut :

Nukleolus sebagai lokasi untuk transkripsi rRNA prekursor molekul dari DNA. Molekul prekursor rRNA panjang yang diolah untuk membentuk tiga RNA matang. Langkah selanjutnya dalam proses ialah pengemasan. RNA dikemas bersama beberapa, bentuk-bentuk khusus dari protein. Akhirnya, unit ribosom terbentuk. Unit = unit ribosom dapat bervariasi dalam ukuran. Bahan baku dalam bentuk subunit ribosom yang dibutuhkan untuk proses translasi. Perakitan subunit ribosom diangkut ke sitoplasma sel yaitu di luar nukleolus dan berpartisipasi dalam proses penerjemahan (sintesis protein).

### 6.8.2. Nukleolus Organizer Region (NOR)

NOR adalah daerah dalam sel di mana pembentukan nukleolus terjadi di sekitar kromosom. Karena pembentukan dan penyusunan nukleolus tidak terjadi secara acak, ini disebut sebagai unsur secara genetik ditentukan NOR memiliki bentuk melingkar dan dikelilingi oleh filamen disebut pars fibrosa (PF). Filamen Pars fibrosa yang baru terbentuk ditranskripsi RNA ribosom. Setelah pembagian inti, wilayah ini akan berhubungan dengan inti. Beberapa salinan gen RNA ribosom merupakan Nukleolus Organizer Region (NOR). Banyak salinan tandem gen RNA ribosom ditemukan di NOR. Jumlah NOR ada dalam kromosom manusia. NOR dapat diidentifikasi melalui analisis kariotipe dengan cara pewarnaan perak nitrat.

### 6.8.3. Sekuestrasi Nukleolus

Kata sequester berarti menyembunyikan atau mengisolasi hal tertentu. Sekuestrasi adalah diantara fungsi penting nukleolus. Proses Sekuestrasi

nukleolus menyebabkan imobilisasi protein. Ini berarti bahwa protein tidak lagi mampu berinteraksi berpasangan dengan pasangan mereka. Protein yang diasingkan oleh nukleolus.

### 6.8.4. Biogenesis mRNA

Nukleolus diketahui memainkan peran penting dalam biogenesis mRNA. Mereka juga terlibat dalam metabolisme RNA dan peristiwa perakitan RNP (ribonucleoprotein).

### 6.8.5. Struktur Nukleolus

Merupakan yang terbesar organel ada di dalam batas = batas inti. Organisasi struktur kompleks nukleolus telah berkembang selama fase transisi makhluk hidup dari anamniotes ke Amniota. Anamniotes adalah vertebrata yang tidak memiliki amnion, karakteristik penting lain dari organisme ini adalah bahwa mereka bertelur di dalam air. Amniota adalah organisme (reptil, dan burung) yang bertelur dan yang telah menyesuaikan diri dengan lingkungan terestrial. Dalam proses ini untuk beradaptasi dengan lingkungan darat, wilayah intergenik rDNA terlihat peningkatan yang cukup besar. Pemisahan komponen urat saraf asli terjadi pada fase ini, sebagai akibatnya, FC (pusat urat saraf) dan DFC (komponen urat saraf padat) dibentuk. Sekarang mari kita menyelidiki rincian dari fungsi yang berbeda dari nukleolus. Struktur dan fungsi nukleolus lebih kompleks daripada apa yang telah dipahami oleh para peneliti sampai saat ini. Upaya sedang dilakukan untuk memahami kerja sel ini organel pada tingkat molekuler. Akhirnya, dapat dikatakan bahwa penelitian secara mendalam akan membantu kita memahami lebih lanjut tentang makromolekul yang melakukan fungsi yang berbeda dari sel. Sedangkan Amnion adalah membran pelindung dimana envelopes embrio pada mamalia, burung dan reptil. Ini terdiri dari cairan serous yang disebut cairan ketuban. Selain melindungi embrio, cairan ini dikenal untuk memberikan itu dengan makanan yang dibutuhkan.



## Pilihan Berganda

- Nukleus merupakan organel terbesar yang berada di dalam sel berapakah ukuran diameter pada nukleus.
  - 1  $\mu\text{m}$  (mikrometer)
  - 10  $\mu\text{m}$  (mikrometer)
  - 15  $\mu\text{m}$  (mikrometer)
  - 4  $\mu\text{m}$  (mikrometer)
  - 8  $\mu\text{m}$  (mikrometer)
- Nukleus memiliki arti penting bagi sel, dan nukleus merupakan inti sel dalam selaputnya yang dapat tembus air mengandung dua jenis molekul sebutkanlah fungsi nukleus.
  - Sebagai pembawa informasi genetic
  - Sebagai pengendali pembelahan sel
  - Mengandung sifat yang diwariskan
  - Sebagai penentuan kehidupan sel
  - Sebagai sifat induk diwariskan kepada keturunannya.
- Replikasi DNA dimulai dengan putusanya ikatan hydrogen dan pasangan basa, sebutkan tujuan dari molekul replikasi DNA.
  - Sebagai ikatan hydrogen
  - Untuk menyimpan informasi
  - Untuk merangkai nukleotida
  - Sebagai aturan polimerase
  - Sebagai alat dalam genetika
- Kebanyakan gen mempengaruhi atau mengendalikan fenotipe melalui protein (enzim dan protein struktural) jelaskanlah apa yang dimaksud sintesis protein pada replikasi DNA.
  - Protein yang bereplikasi makromolekul yang kompleks dan sangat spesifik dalam fungsinya
  - Protein di bangun oleh suatu atau beberapa polipeptida yang masing-masing berkode
  - Protein merupakan rangkaian dalam asam amino
  - Protein yang di gunakan dalam RNA polimerase
  - Protein merupakan alat pembangun bagi tubuh makhluk hidup
- Nukleolus (anak inti) terbentuk pada saat terjadi proses transkripsi atau sintesis RNA jelaskanlah apa yang dimaksud transkripsi.
  - Merupakan organel tetap
  - Sebagai pembentuk atau pembelahan sel
  - Merupakan proses dimana berhenti atau menghilang dalam keadaan mengecil
  - Sebagai pengaturan dalam penyimpan informasi kehidupan
  - Merupakan tempat terjadinya sintesis RNA
- Kromosom adalah badan-badan yang terbentuk panjang dalam kromosom terdapat sentromer dan sebutkanlah salah satu tipe pada kromosom.
  - Fertilisasi
  - Kumpulan gen
  - Gen
  - Metasentrik atau Submetasentrik
  - Molekuler
- Dalam DNA dan kromosom terdapat eukariot yang sangat besar dan memiliki macam-macam protein histon, sebutkanlah salah satu histon yang terdapat di dalamnya.
  - H4A
  - H5B
  - H1B
  - H3
  - H2A
- Dalam unit dasar struktur asam nukleat ialah nukleotida di dalam kromosom dan gen terdapat di dalamnya nukleotida yang memiliki peran sebagai pembangun jelaskanlah tiga bagian dari nukleotida tersebut.
  - Gugus fungsi
  - Fosfodiester
  - Basa nitrogen
  - Gula pentosa dan deoksiribosa
  - Molekul DNA
- Pada DNA dan kromosom pada kromoso eukariot mengandung DNA dan histon dan sebutkanlah di dalam sel apakah yang tidak mengandung histon adalah
  - Eukariotik
  - DNA dan RNA
  - Prokariotik
  - Nukleus
  - Kromosom
- Di dalam Gen dan Kromosom memiliki komposisi kimiawi yang sudah jelas materi genetika dan harus memenuhi dua kebutuhan utama sebagai berikut.
  - Fungsi DNA dan RNA
  - Fungsi genotip atau replikasi dan fenotif atau ekspresi gen
  - Fungsi fenotip kromosom
  - Fungsi ekspresi gen
  - Fungsi genotip DNA



## Essay :

1. Jelaskan fungsi utama dari nukleus dan jelaskanlah bagian-bagian inti atau nukleus tersebut.
2. Uraikanlah hubungan antara inti sel (nukleus) dengan Retikulum Endoplasma.
3. Jelaskan hubungan antara sel kelamin, kromosom dan gen.
4. Uraikanlah dan jelaskan Proses replikasi DNA.
5. Jelaskanlah struktur kimia pada gen sebagai bahan keturunan.

## GLOSARIUM

<b>Amflop</b>	: Pembungkus pada nukleus atau inti sel.
<b>Berkondensasi</b>	: Mengumpar atau berkelompok dan mengelilingi sel.
<b>DNA</b>	: Informasi gen dari bawaan sel atau pembangun dari sifat pewarisan melalui sintesis protein.
<b>Eksresi gen</b>	: Proses menggunakan DNA dalam gen untuk membuat suatu produk, seperti protein.
<b>Enzim</b>	: Makromolekul yang berperan sebagai katalis, agen kimiawi yang mengubah lagi reaksi tanpa ikut terlibat dalam reaksi.
<b>Fosfolipida</b>	: Lapisan ganda yang mirip dengan membran plasma genetik.
<b>Gen</b>	: Bagian kromosom atau salah satu kesatuan ilmiah (DNA dalam kromosom) yaitu dalam lopus yang mengendalikan ciri genetis suatu makhluk hidup.
<b>Genetik</b>	: Gen yang membawa sifat keturunan.
<b>Genom</b>	: Materi genetik dari suatu organisme atau virus komponen dari lengkap gen-gen suatu organisme atau virus beserta skuens asam nukleat bukan pengkodeannya.
<b>Gugus posfat</b>	: Gugus kimiawi yang terdiri atas sebuah taom pospor yang terikat keempat atom oksigen penting dalam transfer enegri.
<b>Gula Dioksiribosa</b>	: Komponen gula nukleotida DNA memiliki satu gugus hidroksil lebih sedikit dari pada ribosom (komponen gula nukleotida RNA).
<b>Hereditas</b>	: Pewaris sifat yang secara turun temurun.
<b>Histon</b>	: Kumparan dari nukleosom atau pemanjangan sel.
<b>Interior</b>	: Sel yang berada didalam inti sel.
<b>Kromosom</b>	: Suatu struktur makromolekul yang berisi DNA dimana informasi genetik dalam sel disimpan.
<b>Kromatin</b>	: Benang-benang dari matrik.
<b>Nukleus</b>	: Inti sel yang memiliki lebih dari 200 jenis dalam tubuh makhluk hidup.
<b>Polimerase</b>	: Untuk menggabungkan gugus deoksiribosa.
<b>Protein</b>	: Molekul biologis fungsional dan terdiri atas satu atau lebih polipeptida yang melipat dan menggulung menjadi struktur spesipik tiga dimensi.
<b>Prinukleus</b>	: Ruangan sempit yang fungsinya untuk memisahkan membrane dan sel.
<b>RNA</b>	: Molekul RNA yang berfungsi sebagai penerjemahan antara basa nitrogen dengan asam nukleat.
<b>Sentromer</b>	: Bagian terspesialisasi pada kromosom, tempat pada kedua kromatid saudara melekat paling kuat.
<b>Sel haploid</b>	: Sel yang hanya mengandung seperangkat kromosom (n).
<b>Selaput nukleus</b>	: Suatu membran ganda yang berada pada lipid.
<b>Sitoplasma</b>	: Suatu cairan-cairan yang berada dalam sel.
<b>Transkripsi</b>	: Proses menciptakan molekul RNA menggunakan instruksi DNA



## BAB VII

### INTERAKSI SEL DENGAN SEL

#### 7.1 Interaksi jarak dekat Adhesi sel dengan sel

Sistem komunikasi suatu sel berperan teramat penting dalam menentukan respon seluler yang akan dilakukan oleh sel. Seluruh peristiwa yang terangkum dalam dogma biologi molekuler diawali oleh adanya aktivitas komunikasi. Untuk dapat menjalankan aktivitas komunikasi tersebut sebuah sel (eukariotik) dilengkapi berbagai jenis reseptor yang terdapat di membrane plasmanya. Reseptor ini biasanya merupakan bagian struktural dari protein integral yang terdapat di sela-sela lemak lapis ganda. Sel berinteraksi dengan sel lain dengan cara komunikasi langsung atau dengan mengirimkan sinyal kepada sel target.

Berikut macam-macam interaksi sel:

##### a. Komunikasi kontak langsung

Sel dapat berkomunikasi dengan cara kontak langsung. Baik sel hewan maupun sel tumbuhan memiliki sambungan sel yang bila memang ada memberikan kontinuitas sitoplasmik diantara sel-sel yang berdekatan. Dalam hal ini, bahan pensinyalan yang larut dalam sitosol dapat dengan bebas melewati sel yang berdekatan. Disamping itu sel hewan mungkin berkomunikasi melalui kontak langsung diantara molekul-molekul pada permukaannya.

##### b. Pensinyalan parakrin

Pada pensinyalan parakrin, sel pensекреksi bertindak pada sel target di dekatnya dengan melepas molekul pengatur lokal ke dalam fluida ekstraseluler.

##### c. Pensinyalan sinaptik

Pada pensinyalan sinaptik, sel saraf melepaskan molekul neurotransmitter ke dalam sinapsis antara sel lain.

#### 1. Pensinyalan endokrin/ hormonal

Hormone mensinyal sel target pada jarak yang lebih jauh. Pada hewan, sel endokrin terspesialisasi mensekresi hormone ke dalam cairan tubuh yaitu darah. Hormone dapat mencapai hampir seluruh sel tubuh, tetapi, jika dengan pengatur lokal. Hanya sel target spesifik yang mengenali dan merespons sinyal kimiawi yang diberikan.

#### 2. Metode Komunikasi Antar Sel

Dalam tubuh, terdapat tiga metode komunikasi antar sel, yaitu:

- **Komunikasi langsung**, adalah komunikasi antar sel yang sangat berdekatan. Komunikasi ini terjadi dengan mentransfer sinyal listrik (ion-ion) atau sinyal kimia melalui hubungan yang sangat erat antara sel satu dengan lainnya. Gap junction merupakan protein saluran khusus yang dibentuk oleh protein connexin. Gap junction memungkinkan terjadinya aliran ion-ion (sinyal listrik) dan molekul-molekul kecil (sinyal kimia), seperti asam amino, ATP, cAMP dalam sitoplasma kedua sel yang berhubungan.
- **Komunikasi lokal**, adalah komunikasi yang terjadi melalui zat kimia yang dilepaskan ke cairan ekstrasel (interstitial) untuk berkomunikasi dengan sel lain yang berdekatan (sinyal parakrin) atau sel itu sendiri (sinyal autokrin).
- **Komunikasi jarak jauh**, adalah komunikasi antar sel yang mempunyai jarak cukup jauh. Komunikasi ini berlangsung melalui sinyal listrik yang diantarkan sel saraf dan atau dengan sinyal kimia (hormon atau neurohormon) yang dialirkan melalui darah.

#### 3. Tahapan Komunikasi Sel

Proses komunikasi sel dibagi menjadi dua tahap, yaitu:

1. **Penerimaan (reseption)**, merupakan pendeteksian sinyal yang datang dari luar sel oleh sel target. Sel kimiawi terdeteksi apabila sinyal itu terikat pada protein seluler, biasanya pada permukaan sel yang bersangkutan.
2. **Transduksi**, diawali dengan pengikatan molekul sinyal mengubah protein reseptor. Tahap transduksi ini mengubah sinyal menjadi suatu bentuk yang dapat menimbulkan respon seluler spesifik. Pada system Sutherland,



## BAB VII

### INTERAKSI SEL DENGAN SEL

#### 7.1 Interaksi jarak dekat Adhesi sel dengan sel

Sistem komunikasi suatu sel berperan teramat penting dalam menentukan respon seluler yang akan dilakukan oleh sel. Seluruh peristiwa yang terangkum dalam dogma biologi molekuler diawali oleh adanya aktivitas komunikasi. Untuk dapat menjalankan aktivitas komunikasi tersebut sebuah sel (eukariotik) dilengkapi berbagai jenis reseptor yang terdapat di membrane plasmanya. Reseptor ini biasanya merupakan bagian struktural dari protein integral yang terdapat di sela-sela lemak lapis ganda. Sel berinteraksi dengan sel lain dengan cara komunikasi langsung atau dengan mengirimkan sinyal kepada sel target.

Berikut macam-macam interaksi sel:

##### a. Komunikasi kontak langsung

Sel dapat berkomunikasi dengan cara kontak langsung. Baik sel hewan maupun sel tumbuhan memiliki sambungan sel yang bila memang ada memberikan kontinuitas sitoplasmik diantara sel-sel yang berdekatan. Dalam hal ini, bahan pensinyalan yang larut dalam sitosol dapat dengan bebas melewati sel yang berdekatan. Disamping itu sel hewan mungkin berkomunikasi melalui kontak langsung diantara molekul-molekul pada permukaannya.

##### b. Pensinyalan parakrin

Pada pensinyalan parakrin, sel pensекреksi bertindak pada sel target didekatnya dengan melepas molekul pengatur lokal ke dalam fluida ekstraseluler.

##### c. Pensinyalan sinaptik

Pada pensinyalan sinaptik, sel saraf melepaskan molekul neurotransmitter ke dalam sinapsis antara sel lain.

#### 1. Pensinyalan endokrin/ hormonal

Hormone mensinyal sel target pada jarak yang lebih jauh. Pada hewan, sel endokrin terspesialisasi mensekresi hormone ke dalam cairan tubuh yaitu darah. Hormone dapat mencapai hampir seluruh sel tubuh, tetapi, jika dengan pengatur lokal. Hanya sel target spesifik yang mengenali dan merespons sinyal kimiawi yang diberikan.

#### 2. Metode Komunikasi Antar Sel

Dalam tubuh, terdapat tiga metode komunikasi antar sel, yaitu:

- **Komunikasi langsung**, adalah komunikasi antar sel yang sangat berdekatan. Komunikasi ini terjadi dengan mentransfer sinyal listrik (ion-ion) atau sinyal kimia melalui hubungan yang sangat erat antara sel satu dengan lainnya. Gap junction merupakan protein saluran khusus yang dibentuk oleh protein connexin. Gap junction memungkinkan terjadinya aliran ion-ion (sinyal listrik) dan molekul-molekul kecil (sinyal kimia), seperti asam amino, ATP, cAMP dalam sitoplasma kedua sel yang berhubungan.
- **Komunikasi lokal**, adalah komunikasi yang terjadi melalui zat kimia yang dilepaskan ke cairan ekstrasel (interstitial) untuk berkomunikasi dengan sel lain yang berdekatan (sinyal parakrin) atau sel itu sendiri (sinyal autokrin).
- **Komunikasi jarak jauh**, adalah komunikasi antar sel yang mempunyai jarak cukup jauh. Komunikasi ini berlangsung melalui sinyal listrik yang diantarkan sel saraf dan atau dengan sinyal kimia (hormon atau neurohormon) yang dialirkan melalui darah.

#### 3. Tahapan Komunikasi Sel

Proses komunikasi sel dibagi menjadi dua tahap, yaitu :

1. **Penerimaan (reseption)** ; merupakan pendeteksian sinyal yang datang dari luar sel oleh sel target. Sel kimiawi terdeteksi apabila sinyal itu terikat pada protein seluler, biasanya pada permukaan sel yang bersangkutan.
2. **Transduksi**, diawali dengan pengikatan molekul sinyal mengubah protein reseptor. Tahap transduksi ini mengubah sinyal menjadi suatu bentuk yang dapat menimbulkan respon seluler spesifik. Pada system Sutherland,



pengikatan epinefrin ke bagian luar protein reseptor dalam membrane plasma sel hati berlangsung melalui serangkaian langkah untuk mengaktifkan glikogen fosforilase. Transduksi ini kadang-kadang terjadi dalam satu langkah, tetapi lebih sering membutuhkan suatu urutan perubahan dalam sederetan molekul yang berbeda (jalur transduksi) sinyal. Molekul di sepanjang jalur itu sering disebut molekul relay.

❖ **Transduksi sinyal** meliputi aktifitas sebagai berikut:

1. Pengenalan berbagai sinyal dari luar terhadap reseptor spesifik yang terdapat pada permukaan membran sel.
2. Penghantaran sinyal melalui membran sel ke dalam sitoplasma.
3. Penghantaran sinyal kepada molekul efektor spesifik pada bagian membran sel atau efektor spesifik dalam sitoplasma. Hantaran sinyal ini kemudian akan menimbulkan respon spesifik terhadap sinyal tersebut. Respon spesifik yang timbul tergantung pada jenis sinyal yang diterima. Respon dapat berupa peningkatan atau penurunan aktifitas enzim-enzim metabolik, rekonfigurasi sitoskeleton, perubahan permeabilitas membran sel, aktivasi sintesa DNA, perubahan ekspresi genetik ataupun program apoptosis.
4. Terputusnya rangkaian sinyal. Terjadi apabila rangsangan dari luar mulai berkurang atau terputus. Terputusnya sinyal juga terjadi apabila terdapat kerusakan atau tidak aktifnya sebagian atau seluruh molekul penghantar sinyal. Informasi yang terjadi akan melewati jalur rangsang (*signal transduction pathway*) yang terdiri dari berbagai protein berbeda atau molekul tertentu seperti berbagai ion dan kanalnya, berbagai faktor transkripsi, ataupun berbagai tipe subunit regulator. Setiap protein yang terlibat pada jalur ini mampu menghambat atau mengaktifasi protein yang berada dibawah pengaruhnya (*down stream*). Protein utama yang terlibat dalam jalur rangsang pada umumnya adalah kinase dan fosfatase, yang beberapa diantaranya merupakan protein yang terdapat/larut dalam sitoplasma. Kedua protein ini mampu melepaskan atau menerima grup fosfat dari protein lain sehingga proses penghantaran atau penghentian sinyal dapat berlangsung.

Secara singkat langkah – langkah **Transduksi Sinyal** adalah:

- 1) Sintesis molekul sinyal oleh sel yang memberi sinyal.
- 2) Pelepasan molekul sinyal oleh sel yang memberi sinyal.
- 3) Transpor sinyal oleh sel target.
- 4) Pengikatan sinyal oleh reseptor spesifik yang menyebabkan aktivasi reseptor tersebut.
- 5) Inisiasi satu atau lebih jalur transduksi sinyal intrasel.
- 6) Perubahan spesifik fungsi, metabolisme, atau perkembangan sel.
- 7) Pembuangan sinyal yang mengakhiri respon sel.

Ikatan ligan dengan reseptor spesifik akan memicu pelepasan *second messenger* yang akan menimbulkan reaksi berantai dan membawa perubahan didalam sel. Reseptor spesifik, yang terdapat pada membran sel dapat berupa: *GTP binding protein (G-protein)-coupled receptors*, *receptor tyrosine kinase*, *cytokine receptor-link kinase* ataupun *serine kinase*. Sinyal yang terjadi bukan hanya oleh adanya ikatan ligan dengan reseptor spesifik saja, melainkan juga akibat adanya paparan langsung dengan tekanan mekanik maupun perubahan kimiawi disekitar sel dengan melibatkan integrin.

1. **Respons**, pada tahap ketiga pensinyalan sel, sinyal yang ditransduksi akhirnya memicu respon seluler spesifik. Respon ini dapat berupa hamper seluruh aktivitas seluler seperti katalisis oleh suatu enzim, penyusunan ulang sitoskeleton, atau pengaktifan gen spesifik di dalam nucleus. proses pensinyalan sel membantu memastikan bahwa aktivitas penting seperti ini terjadi pada sel yang benar, pada waktu yang tepat, dan pada koordinasi yang sesuai dengan sel lain dalam organisme bersangkutan.
2. **Mesenger kedua**, mesenger kedua merupakan jalur pensinyalan yang melibatkan molekul atau ion kecil nonprotein yang terlarut-air. Sedangkan molekul sinyal ekstraseluler yang mengikat reseptor membrane merupakan mesenger pertama jalur. Karena mesenger kedua itu kecil dan terlarut dalam mesenger pertama jalur. Karena mesenger kedua itu kecil dan terlarut dalam air, mesenger ini dapat segera menyebar ke seluruh sel dengan berdifusi. Mesenger kedua berperan serta dalam jalur yang diinisiasi reseptor terkait protein-G maupun reseptor tirosin-kinase. Dua mesenger kedua yang paling banyak digunakan ialah:



### ➤ AMP Siklik

Mesener kedua ini yang membawa sinyal yang diinisiasi epinefrin dari membrane plasma sel hati atau otot ke bagian dalam sel, dimana sinyal itu menyebabkan pemecahan glikogen. Pengikatan epinefrin pada membrane plasma sel hati akan meningkatkan senyawa adenosine monofosfat siklik, yang disingkat AMP siklik atau cAMP. cAMP ini diaktifkan oleh adenilat siklase yang mengkatalisa perombakan ATP. cAMP atau aliran ion tadi dapat membuat perubahan pada perilaku sel, dan mereka disebut messenger sekunder atau mediator intraseluler yang mana akan merangsang metabolisme sel lewat aktivitas protein kinase.

### ➤ Ion Kalsium

Banyak molekul sinyal pada hewan, termasuk neurotransmitter, factor pertumbuhan, dan sejumlah hormone, menginduksi respon pada sel targetnya melalui jalur transduksi sinyal yang meningkatkan konsentrasi ion kalsium sitosolik. Peningkatan konsentrasi ion kalsium sitosolik menyebabkan banyak respon pada sel hewan. Sel menggunakan ion kalsium sebagai messenger kedua dalam jalur protein-G dan jalur reseptor tirosin kinase. Dalam merespon sinyal yang direlai oleh jalur transduksi sinyal, kadar kalsium sitosolik mungkin meningkat, biasanya oleh suatu mekanisme yang melepas ion kalsium dari RE biasanya jauh lebih tinggi daripada konsentrasi dalam sitosol. Karena kadar kalsium sitosolit rendah, perubahan kecil pada jumlah absolute ion akan menggambarkan persentase perubahan yang relative tinggi pada konsentrasi kalsium.

## 7.2: Interaksi jarak jauh mediator kimia lokal, hormone, neurotransmitter:

### 7.2.1: Komunikasi Antar Sel

Informasi dapat datang dalam berbagai bentuk dan seringkali melalui proses merubah sinyal informasi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Ketika kita menelepon teman, sederhananya, gelombang suara kita dirubah ke dalam bentuk sinyal listrik sehingga dapat melalui kabel telepon. Poin penting dari proses

tersebut adalah ketika pesan dirubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Proses pengubahan ini disebut transduksi sinyal.



Gambar: 5.8 komunikasi antar sel

Pada tumbuhan dan hewan dikenal komunikasi antar sel menggunakan molekul signal ekstraseluler (ligan). Ini merupakan cara organisme untuk mengontrol metabolisme sel, pertumbuhan, diferensiasi jaringan, sintesis dan sekresi protein serta mengatur komposisi cairan ekstraseluler. Molekul sinyal ini disintesis dan di sekresikan oleh adanya sel sinyal dan hanya menghasilkan respon spesifik pada sel target yang memiliki reseptor untuk molekul sinyal yang spesifik. Pada organisme multiseluler, molekul sinyal dapat berupa molekul hidrofilik atau hidrofobik. Kedua kelompok molekul ini memiliki mekanisme yang berbeda dalam aktivasi proses-proses dalam sel.

Beberapa molekul signal hidrofobik, misalnya steroid, retinoid dan tiroksin dapat berfungsi ke dalam sel dan berikatan dengan reseptor intraseluler. Reseptor intraseluler (RC) ada 2 macam, yaitu reseptor yang terdapat di sitoplasma (Cytoplasmic Receptor) dan di dalam inti sel (Nuclear Receptor). Perbedaan mekanisme aktivasi transkripsi keduanya dapat dilihat pada gambar 2. Berbagai molekul kecil hidrofilik seperti (asam amino, lipid, dan asetilkolin), peptide dan protein digunakan untuk komunikasi antar sel.

Molekul signal berupa hormon steroid (estradiol, progesteron, testosteron), vitamin D3 dan asam retinoic dapat menembus membran sel dan berikatan dengan reseptor spesifik intraseluler dan membentuk kompleks hormon-



reseptor, kemudian translokasi ke dalam inti sel dan berikatan dengan elemen DNA yang responsif terhadap kompleks hormon-reseptor. Ini menyebabkan diaktifkannya gen target untuk mensintesis protein tertentu.

Cara komunikasi antar sel lainnya adalah melalui reseptor yang terdapat dipermukaan membran sel (reseptor membran). Dalam hal ini molekul ligan bekerja sebagai ligan yang berikatan dengan molekul komplemen pada permukaan luar membran sel. Ikatan ini menyebabkan perubahan komponen reseptor di dalam sel atau menginduksi respons seluler yang spesifik. proses-proses tersebut dikenal dengan signal transduksi. salah satu kelompok reseptor pada permukaan membran mengaktivasi protein G yang dikenal dengan G protein-coupled receptors (GPCRs), yang di temukan pada semua sel eukariotik, mulai dari yeast hingga manusia. Genom manusia misalnya mengkode beberapa ribu GPCR. Termasuk di sini reseptor pada mata, peraba, perasa, beberapa reseptor neurotransmitter dan reseptor hormon yang mengontrol metabolisme karbohidrat, asam amino pada umumnya.

### 7.2.2. Hormon

Pensinyalan hormonal. Sel endokrin mensekresi hormon ke dalam cairan tubuh (darah). Pada pensinyalan hormonal hewan, yang juga diketahui sebagai pensinyalan endokrin, sel terspesialisasi melepaskan molekul hormone melalui sistem sirkulasi (system peredaran darah) menuju sel target di bagian tubuh yang lain. Hormon dapat mencapai hampir seluruh sel tubuh, tetapi, jika dengan pengatur lokal (suatu substansi yang mempengaruhi sel yang ada di dekatnya), hanya sel target spesifik yang mengenali dan menerima sinyal kimiawi yang diberikan. Hormon tumbuhan (sering kali disebut regulator pertumbuhan tumbuhan), terkadang mengalir dalam pembuluh, tetapi lebih sering mencapai targetnya dengan cara bergerak dari sel ke sel atau dengan berdifusi melalui udara sebagai gas. Contoh dari Signalling endokrin misalnya terjadi pada siklus reproduksi wanita. Hormon yang terlibat dapat berupa peptida atau steroid. Hormon peptida misalnya FSH, Chorionic Gonadotropin.

Ukuran molekul dan jenis hormone sangat bervariasi, seperti halnya regulator lokal. Misalnya, hormone tumbuhan yang disebut etilena, gas yang mendorong

pematangan buah dan membantu meregulasi pertumbuhan, merupakan hidrokarbon yang hanya terdiri atas enam atom ( $C_2H_4$ ), cukup kecil untuk menembus dinding sel. Sebaliknya, hormone insulin mamalia, yang meregulasi kadar gula dalam darah, merupakan protein yang terdiri atas ribuan atom.

Transmisi sinyal melalui system saraf juga dapat dianggap sebagai contoh pensinyalan jarak jauh. Sinyal listrik menyusuri sel saraf dan kemudian diubah kembali menjadi sinyal kimiawi ketika molekul sinyal dilepaskan dan menyeberangi sinapsis menuju sel saraf lain. Pada sel saraf berikutnya, molekul sinyal diganti lagi menjadi sinyal listrik. Dengan cara ini, sinyal saraf dapat berjalan melalui serangkaian sel saraf. Karena berapa sel saraf cukup panjang, sinyal saraf bisa berjalan dengan cepat melewati jarak yang sangat jauh dari otak sampai ibu jari kaki, misalnya. Apa yang terjadi ketika sel bertemu molekul sinyal? Molekul ini harus dikenali oleh suatu molekul reseptor spesifik, dan informasi yang dibawa oleh molekul, yaitu sinyal, harus diubah menjadi bentuk yang lain ditransduksikan di dalam sel sebelum sel bisa memberikan respons.

### 7.2.3. Neurotransmitter

Pada pensinyalan sinaptik, sel saraf melepaskan molekul neurotransmitter ke dalam sinapsis antara sel lain. Informasi lingkungan dari penghubung tubuh atau indra menuju pusat pengolahan informasi misalnya otak, memerlukan suatu penghubung. penghubung tersebut berupa sel, yaitu sel saraf (sel neuron). Neuron = neuron yang berhubungan dalam sebuah sinapsis mempunyai mekanisme khas dalam menyampaikan perambatan impuls. Antara neuron dan neuron tidak terjadi hubungan langsung karena terdapat sebuah celah sempit yang berfungsi untuk menghantarkan impuls di sinapsis. Celah ini disebut dengan celah sinaptik yang akan meneruskan impuls dari neuron ke neuron lainnya melalui sebuah perantara yang disebut neurotransmitter. Neurotransmitter merupakan sebuah cairan kimia dalam tubuh yang berfungsi menghantarkan impuls. Sinapsis terdapat di antara akson neuron yang satu dengan dendrit atau badan sel atau akson dari neuron lain.

Supaya dapat menghantarkan impuls, akson harus mencapai potensial tertentu yang lebih negatif hingga mencapai suatu ambang batas. Pada saat ambang batas ini, keadaan potensial di dalam akson dinamakan potensial aksi atau spike.



reseptor, kemudian translokasi ke dalam inti sel dan berikatan dengan elemen DNA yang responsif terhadap kompleks hormon-reseptor. Ini menyebabkan diaktifkannya gen target untuk mensintesis protein tertentu.

Cara komunikasi antar sel lainnya adalah melalui reseptor yang terdapat dipermukaan membran sel (reseptor membran). Dalam hal ini molekul ligan bekerja sebagai ligan yang berikatan dengan molekul komplemen pada permukaan luar membran sel. Ikatan ini menyebabkan perubahan komponen reseptor di dalam sel atau menginduksi respons seluler yang spesifik. proses-proses tersebut dikenal dengan signal transduksi. salah satu kelompok reseptor pada permukaan membran mengaktifasi protein G yang dikenal dengan G protein-coupled receptors (GPCRs), yang di temukan pada semua sel eukariotik, mulai dari yeast hingga manusia. Genom manusia misalnya mengkode beberapa ribu GPCR. Termasuk di sini reseptor pada mata, peraba, perasa, beberapa reseptor neurotransmitter dan reseptor hormon yang mengontrol metabolisme karbohidrat, asam amino pada umumnya.

### 7.2.2. Hormon

**Pensinyalan hormonal.** Sel endokrin mensekresi hormon ke dalam cairan tubuh (darah). Pada pensinyalan hormonal hewan, yang juga diketahui sebagai pensinyalan endokrin, sel terspesialisasi melepaskan molekul hormone melalui sistem sirkulasi (system peredaran darah) menuju sel target di bagian tubuh yang lain. Hormon dapat mencapai hampir seluruh sel tubuh, tetapi, jika dengan pengatur local (suatu substansi yang mempengaruhi sel yang ada di dekatnya), hanya sel target spesifik yang mengenali dan menerima sinyal kimiawi yang diberikan. Hormon tumbuhan (sering kali disebut regulator pertumbuhan tumbuhan), terkadang mengalir dalam pembuluh, tetapi lebih sering mencapai targetnya dengan cara bergerak dari sel ke sel atau dengan berdifusi melalui udara sebagai gas. Contoh dari Signalling endokrin misalnya terjadi pada siklus reproduksi wanita. Hormon yang terlibat dapat berupa peptida atau steroid. Hormon peptida misalnya FSH, Chorionic Gonadotropin.

Ukuran molekul dan jenis hormone sangat bervariasi, seperti halnya regulator lokal. Misalnya, hormone tumbuhan yang disebut etilena, gas yang mendorong

pematangan buah dan membantu meregulasi pertumbuhan, merupakan hidrokarbon yang hanya terdiri atas enam atom ( $C_2H_4$ ), cukup kecil untuk menembus dinding sel. Sebaliknya, hormone insulin mamalia, yang meregulasi kadar gula dalam darah, merupakan protein yang terdiri atas ribuan atom.

Transmisi sinyal melalui system saraf juga dapat dianggap sebagai contoh pensinyalan jarak jauh. Sinyal listrik menyusuri sel saraf dan kemudian diubah kembali menjadi sinyal kimiawi ketika molekul sinyal dilepaskan dan menyeberangi sinapsis menuju sel saraf lain. Pada sel saraf berikutnya, molekul sinyal diganti lagi menjadi sinyal listrik. Dengan cara ini, sinyal saraf dapat berjalan melalui serangkaian sel saraf. Karena berapa sel saraf cukup panjang, sinyal saraf bisa berjalan dengan cepat melewati jarak yang sangat jauh dari otak sampai ibu jari kaki, misalnya. Apa yang terjadi ketika sel bertemu molekul sinyal? Molekul ini harus dikenali oleh suatu molekul reseptor spesifik, dan informasi yang dibawa oleh molekul, yaitu sinyal, harus diubah menjadi bentuk yang lain ditransduksikan di dalam sel sebelum sel bisa memberikan respons.

### 7.2.3. Neurotransmitter

Pada pensinyalan sinaptik, sel saraf melepaskan molekul neurotransmitter ke dalam sinapsis antara sel lain. Informasi lingkungan dari penghubung tubuh atau indra menuju pusat pengolahan informasi misalnya otak, memerlukan suatu penghubung. penghubung tersebut berupa sel, yaitu sel saraf (sel neuron). Neuron = neuron yang berhubungan dalam sebuah sinapsis mempunyai mekanisme khas dalam menyampaikan perambatan impuls. Antara neuron dan neuron tidak terjadi hubungan langsung karena terdapat sebuah celah sempit yang berfungsi untuk menghantarkan impuls di sinapsis. Celah ini disebut dengan celah sinaptik yang akan meneruskan impuls dari neuron ke neuron lainnya melalui sebuah perantara yang disebut neurotransmitter. Neurotransmitter merupakan sebuah cairan kimia dalam tubuh yang berfungsi menghantarkan impuls. Sinapsis terdapat di antara akson neuron yang satu dengan dendrit atau badan sel atau akson dari neuron lain.

Supaya dapat menghantarkan impuls, akson harus mencapai potensial tertentu yang lebih negatif hingga mencapai suatu ambang batas. Pada saat ambang batas ini, keadaan potensial di dalam akson dinamakan potensial aksi atau spike.



Potensial aksi menyandikan informasi kurang lebih seperti sandi Morse dengan hanya titik atau hanya garis. Potensial ini sebenarnya terbentuk dari perbedaan muatan yang dimiliki oleh ion-ion yang berada di dalam sel, yaitu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{A}^-$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{K}^+$  yang berada di luar dan di dalam sel. Adanya rangsang akan mengubah susunan potensial listrik atau depolarisasi di dalam membran selubung mielin yang bersifat semi permeabel yang dapat ditembus oleh ion-ion sebagai mekanisme transport aktif atau pompa ion, sehingga terjadi pergerakan keluar-masuknya ion.

Daerah yang mengalami depolarisasi akan membentuk suatu aliran listrik sehingga menjadi depolarisasi. Bagian yang terdepolarisasi ini akan kembali membentuk aliran listrik dengan daerah lainnya yang masih dalam keadaan polarisasi sehingga menjadi terdepolarisasi. Begitu seterusnya sehingga terjadi penyaluran listrik atau yang dikenal dengan impuls saraf. Arah impuls saraf hanya terjadi dalam satu arah, baik dari dendrit menuju akson ataupun antarneuron. Impuls saraf yang telah mencapai sinapsis, diteruskan oleh cairan kimia yang disebut neurotransmitter. Saat ini, telah diketahui 50 jenis neurotransmitter dan neuropeptida (suatu molekul protein kecil yang berfungsi seperti neurotransmitter).

Beberapa neurotransmitter yang dikenal luas adalah sebagai berikut.

#### a. Asetilkolin:

Asetilkolin banyak ditemukan di otak dan merupakan satu-satunya neurotransmitter yang ditemukan di sinapsis dan otot.

#### b. Dopamin:

Neurotransmitter ini dikeluarkan oleh bagian neuron yang mengalami kerusakan. Dopamin akan banyak ditemukan pada sinapsis penderita penyakit Parkinson. Penyakit Parkinson, seperti yang diderita oleh petinju legendaris Mohammad Ali, adalah jenis penyakit dengan ciri-ciri susah mengendalikan pergerakan dan guncangan pada tangan (tremor).

#### c. Serotonin:

Serotonin merupakan jenis neurotransmitter yang ada di otak dan sumsum tulang belakang. Serotonin bertugas dalam penghambatan impuls rasa sakit. Selain itu, serotonin juga diduga memengaruhi tidur dan perasaan kita (mood).

#### d. Norepinefrin:

Norepinefrin banyak dikeluarkan pada sinapsis yang berhubungan dengan alat kerja organ dalam, seperti jantung, hati, paru-paru, serta alat pencernaan. Struktur kimianya mirip dengan hormon adrenalin yang bekerja pada saat kondisi tubuh tertekan (stress).

#### e. Neuropeptida:

Contoh neuropeptida adalah opioid yang banyak berpengaruh dalam pengaturan kondisi tubuh, seperti rasa lapar, temperatur tubuh, rasa marah, dan perasaan-perasaan lain yang ditimbulkan secara emosional.



## Kerja Imiah Percobaan: Pembentukan Pada Pembuluh Darah

### ➤ Pendahuluan :

Pembentukan pada pembuluh darah dapat melalui dua mekanisme yang berbeda tetapi berhubungan pada pembuluh darah berkembang dari sel-sel yang meliputi pertumbuhan pembuluh darah yang sudah ada. Pembentukan pembuluh darah berasal dari kapiler-kapiler yang muncul dari pembuluh darah kecil di sekitarnya.

### ➤ Tujuan :

1. Mengetahui proses pembentukan pembuluh darah.
2. Mengetahui mekanisme kerja sistem saraf
3. Mengetahui pengertian organogenesis dan mekanismenya

### ➤ Alat dan Bahan :

1. Mikroskop
2. Sel darah merah
3. Sel sarap
4. Air

### ➤ Cara Kerja:

1. Pembuluh darah memelalui dua mekanisme yaitu paskulogenesis atau angiogenesis pada pembuluh darah yang berkembang dari sel-sel prekusa angioblas sedangkan pada angionesis melalui pertumbuhan pembuluh darah yang baru
2. Kemudian sel darah merah dia diambil lalu dengan menggunakan alatsendok kecil dan di letakkan pada kaca mikroskop

### Pertanyaan :

1. jelaskan bagaimana proses pembentukan pada pembuluh darah
2. jelaskan perkembangan terjadinya angionesis
3. tuliskan penyebab terjadinya pembuluh darah.

## GLOSARIUM

**Adesi** : Gaya antara partikel

**Desmosom** : Struktur yang menempel erat pada keratenoisot yang berdekatan yang bukan seperti semen di antara batu

**Ineraksi** : Suatu tindakan yang terjadi 2 atau lebih objek yang mempengaruhi atau memiliki afek satu sama lain.



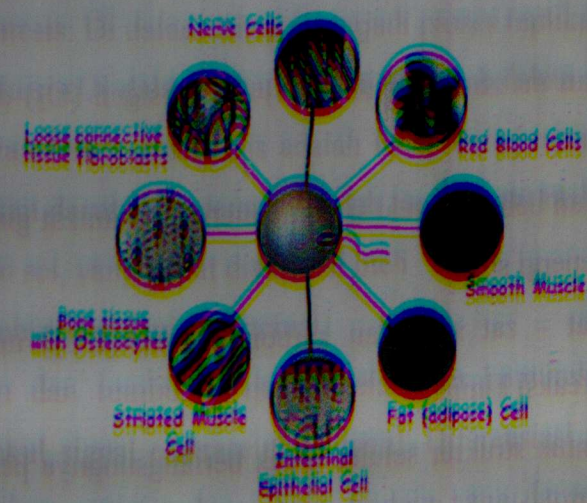
## BAB VIII DARI SEL KE ORGANISME MULTISEL

### 8.1: Pengertian Organisme Sel

Makhluk hidup yang terbentuk dari satu sel tunggal disebut uniseluler. Beberapa contoh organisme uniseluler seperti paramecium rafi dan amuba adalah bentuk dari bakteriyang mana bakteri adalah organisme uniseluler utama yang merupakan bentuk tertua dari kehidupan dan diperkirakan yang mereka miliki.

Hampir seluruh organisme uniseluler berukuran sangat kecil (mikroskopis), karena organisme uniseluler tidak dapat dilihat dengan mata telanjang manusia. Di dalam organisme uniseluler tidak terdapat organ internal, jadi membran yang berperan untuk melapisi organik di sekitar organ juga tidak ada. Karena organisme uniseluler ini dapat hidup di berbagai jenis daerah seperti di daerah = daerah yang dianggap berbahaya bagi kehidupan manusia dan sangat asam (radioaktif). Para ilmuwan meyakini bahwa organisme uniseluler yang berevolusi jangka panjang dalam waktu jutaan tahun yang lalu adalah manusia. Ada sepasang organisme yang saling berkerjasama untuk menjalankan fungsinya masing – masing di dalam planet, dan semua organisme memiliki peran khusus mereka sendiri untuk bermain dalam ekosistem alam. semua bentuk bakteri, amuba dan paramecium rafi.

Organisme multiseluler adalah organisme yang terdiri dari lebih dari satu sel berbeda dengan organisme uniseluler, untuk menjadi organisme multiseluler, organisme uniseluler perlu mengidentifikasi baru kemudian menempel pada sel lainnya terlebih dahulu. Organisme seperti tumbuhan multiseluler, hewan, ganggang coklat muncul dari sebuah sel tunggal dan menghasilkan organisme multisel. Tumbuhan multiseluler, hewan dan ganggang coklat berawal dari organisme uniseluler baru kemudian menghasilkan sebuah organisme. Ketika terjadi kegagalan sel = sel pada organisme multiseluler seperti pada hewan juga dapat mengalami kanker, yang disebabkan karena sel-sel gagal untuk mengatur pertumbuhan mereka dalam program perkembangan yang normal.



Gambar: 5.9 Perbedaan uniseluler dan multiseluler  
<http://usaha321.net/perbedaan-organisme-uniseluler-dan-multiseluler.html>

Pada saat melakukan proses ini dapat juga terlihat perubahan morfologi jaringan. Jika dilihat dalam segi bentuk dan ukuran pada organisme multiseluler seperti hewan, tumbuhan, manusia dan berbagai jenis jamur sangat bervariasi.

Jumlah organisme yang lebih besar menunjukkan bahwa organisme itu juga lebih besar dalam hal ukuran dan sangat kompleks dan rumit dalam komposisi dan struktur. Contoh organisme multiseluler yang terindah ialah manusia, dan sebagian besar sel juga dapat menyebabkan kelahiran organ yang berbeda untuk melaksanakan fungsi yang berbeda. Ini lebih dikenal sebagai identitas eukariotik ataupun eukariota. DNA dan inti sel dari suatu organisme disusun secara terpisah tidak seperti kasus organisme uniseluler. Seluruh sel saling berkoordinasi antara satu dengan yang lainnya agar tetap menjaga konsep kehidupan dan ini menyebabkan berbagai fungsi kompleks bekerja secara bersamaan. Kategori organisme yang dikatakan baik dapat dilihat dari tampilannya, walaupun organisme multiseluler tumbuh dalam ukuran besar beberapa dari mereka masih mikroskopis di alam, ini juga dikenal sebagai Myxozoa.

### Fungsi Interaksi sel dari uniseluler ke multiseluler

Setiap sel ditempatkan secara terpisah dan ada yang merupakan salah satu dari organisme multiseluler, melaksanakan fungsi dasar yang sangat penting bagi



kelangsungan hidup sel yang bersangkutan. Jadi, adapun fungsi dasar yang dijalankan antara lain:

- Sel mendapatkan makanannya ( zat gizi) dan oksigen ( $O_2$ ) dari lingkungan sekelilingnya.
- Untuk melakukan beberapa reaksi kimia memerlukan zat gizi dan  $O_2$  untuk menghasilkan energi sel.
- Pengeluaran zat = zat sisa atau karbondioksida ( $CO_2$ ) merupakan hasil selama proses reaksi kimia.
- Untuk membentuk struktur seluler untuk berlangsungnya pertumbuhan dan menjalankan fungsinya dengan baik diperlukan sintesis protein atau komponen lain.
- Perubahan lingkungan yang terjadi di sekeliling sel dapat menimbulkan sensitif dan responsif.
- Untuk mengontrol pertukaran zat yaitu sel dengan lingkungan sekelilingnya.
- Pada saat melakukan aktivitas sel terjadi perpindahan zat = zat dari sel yang satu ke sel yang lainnya, bahkan sebagian sel dapat menggerakkan seluruh dirinya melintasi lingkungannya, dan
- Pada kebanyakan sel, dapat bereproduksi.

## 8.2 Siklus dan Pembelahan sel

Aktivitas duplikasi secara terperinci agar mendapatkan jumlah DNA dengan kromosom yang cukup banyak disebut siklus sel. Yang mendukung segregasi untuk menghasilkan dua sel anakan yang identik secara genetik. Proses ini terjadi secara berulang dan terus menerus. Siklus kehidupan berkaitan erat dalam pertumbuhan dan perkembangan sel untuk tetap melangsungkan hidupnya. Fungsi dari siklus ini sendiri yaitu mengatur pertumbuhan sel melalui regulasi waktu pembelahan dan setiap perkembangan selnya diatur oleh siklus ini seperti perkembangan sel dengan mengatur jumlah ekspresi atau translasi gen pada masing-masing sel yang menentukan diferensiasinya.

## W Fase pada siklus sel

1. Fase sintesis: Di dalam tahap ini terjadi proses replikasi DNA.
2. Fase mitosis: Di dalam tahap ini terjadi pembelahan sel seperti pembelahan biner atau tunas. Apoptosis adalah tahap dari perkembangan sel, suatu sel tidak akan dapat mati dengan mudah tanpa suatu mekanisme yang tertanam di dalam sel, yang dapat diaktivasi oleh
3. sinyal internal maupun eksternal.

Hewan dan tumbuhan dapat melakukan komunikasi antar sel dengan bantuan molekul signal ekstraseluler (ligan). Diferensiasi jaringan, metabolisme sel, pertumbuhan, sintesis dan sekresi protein yang dapat mengatur komposisi cairan ekstraseluler adalah cara organisme untuk mengontrol bagiannya. Setelah mendapat molekul sinyal kemudian disintesis untuk kemudian disekresikan karena adanya sel sinyal yang dapat menghasilkan respon spesifik pada sel target yang memiliki reseptor untuk molekul sinyal yang spesifik. Sinyal molekul hidrofilik atau hidrofobik hanya terdapat pada organisme multiseluler. Mekanisme molekul yang terjadi pada dua kelompok ini berbeda dengan aktivasi yang dilakukan dalam sel.

Proses reproduksi sel yang membelah dengan melewati tahap = tahap yang telah ditentukan disebut mitosis, tahap = tahapnya yaitu Profase Metafase = Anafase = Telofase. Pada tahap telofase menuju ke tahap profase ada terdapat waktu istirahat untuk sel karena interfase (tahap ini tidak termasuk tahap pembelahan sel).

### A: Fungsi Mitosis

- a. Untuk menduplikasi kromosom sel
- b. Untuk pertumbuhan organisme
- c. Untuk perbaikan
- d. Untuk penggantian
- e. Untuk pertumbuhan



## B. Pembagian Mitosis

### a. Interfase



Gambar 6.0 Interfase

<http://astriabiologi.blogspot.co.id/2013/12/pembelahan-sel.html>

Ciri-ciri fase interfase sebagai berikut :

1. Selaput nukleus membatasi nukleus
2. Nukleus mengandung satu atau lebih nukleolus
3. Dua sentrosom telah terbentuk melalui replikasi sentrosom tunggal
4. Pada sel hewan, setiap sentrosom memiliki dua sentrosom
5. Kromosom yang diduplikasi selama fase S, tidak bisa dilihat secara individual karena belum terkondensasi.

### b. Profase

Ciri-ciri fase profase sebagai berikut :

1. Serat = serat kromatin menjadi terkumpul lebih rapat, terkondensasi menjadi kromosom diskret yang dapat diamati dengan mikroskop cahaya.
2. Nukleolus lenyap.
3. Gelendong mitotik mulai terbentuk. Gelendong ini terdiri atas sentrosom dan mikrotubulus yang menjulur dari sentrosom.
4. Sentrosom-sentrosom bergerak saling menjauhi, tampaknya didorong oleh mikrotubulus yang memanjang di antaranya.



### Profase

Les kromosomas se condensa y la membrana nuclear desaparece

Gambar 6.1 Profase

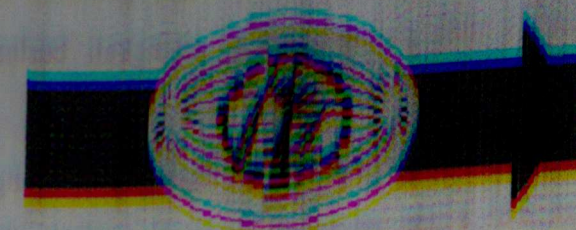
<https://agungsetyaningsih.wordpress.co.id/2009/10/08/pembelahan-sel/>

### c. Prometafase

Ciri-ciri prometafase:

1. Selaput nukleus terfragmentasi
2. Mikrotubulus yang menjulur dari masing-masing sentrosom kini dapat memasuki wilayah nukleus.
3. Kromosom menjadi semakin terkondensasi.
4. Masing-masing dari kedua kromatid pada setiap kromosom kini memiliki kinetokor, struktur protein terspesialisasi yang terletak pada sentromer.
5. Beberapa mikrotubulus melekat pada kinetokor menjadi mikrotubulus kinetokor.
6. Mikrotubulus nonkinetokor berinteraksi dengan sejenisnya yang berasal dari kutub gelendong yang bersebrangan

### Prometaphase



Gambar 6.2 Prometafase

<http://menarailmuku.blogspot.co.id/2012/12/pembelahan-sel-mitosis.html>



#### d. Metafase

Ciri-ciri fase metafase sebagai berikut :

1. Merupakan tahap mitosis yang paling lama, seringkali berlangsung sekitar 20 menit.
2. Sentrosom kini berada pada kutub-kutub sel yang bersebrangan.
3. Kromosom berjejer pada lempeng metafase, bidang khayal yang berada di pertengahan jarak antara kedua kutub gelendong. Sentromer-sentromer kromosom berada di lempeng metafase.
4. Untuk setiap kromosom, kinetokor kromatid saudara melekat ke mikrotubulus kinetokor yang berasal dari kutub yang bersebrangan.



Gambar 6.3 Metafase

<https://sites.google.com/site/mitosisbiologia/fases/profase>

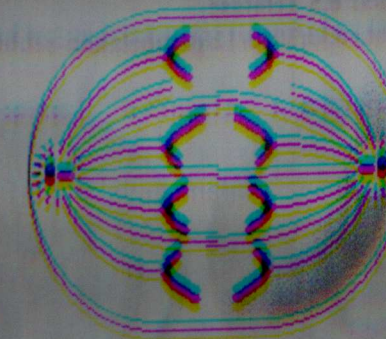
#### e. Anafase

Ciri-ciri fase anafase sebagai berikut :

Merupakan tahap mitosis yang paling pendek, seringkali berlangsung hanya beberapa menit.

1. Anafase di mulai ketika protein kohesin terbelah. Ini memungkinkan kedua kromatid saudara dari setiap pasangan memisah secara tiba-tiba. Setiap kromatid pun menjadi satu kromosom utuh.

2. Kedua kromosom anakan yang terbebas mulai bergerak menuju ujung-ujung sel yang berlawanan saat mikrotubulus kinetokor memendek. Karena mikrotubulus ini melekat ke wilayah sentromer terlebih dahulu.
3. Sel memanjang saat mikrotubulus nonkinetokor memanjang.
4. Pada akhir anafase, kedua ujung sel memiliki koleksikromosom yang sama dan lengkap.



Anafase

Los cromosomas se han separado y se mueven hacia los polos

Gambar 6.4 Anafase

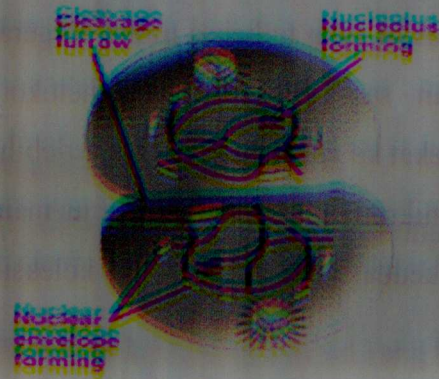
<https://biologianoe.weebly.com/tema-2-divisiocelular.html>

#### f. Telafase

Ciri-ciri fase telofase sebagai berikut :

1. Dua nukleus anakan terbentuk dalam sel.
2. Selaput nukleus muncul dari fragmen-fragmen selaput nukleus sel induk dan bagian-bagian lain dari sistem endomembran.
3. Nukleolus muncul kembali.
4. Kromosom menjadi kurang terkondensasi.
5. Mitosis, pembelahan satu nukleus menjadi nukleus yang identik secara genetik, sekarang sudah selesai.





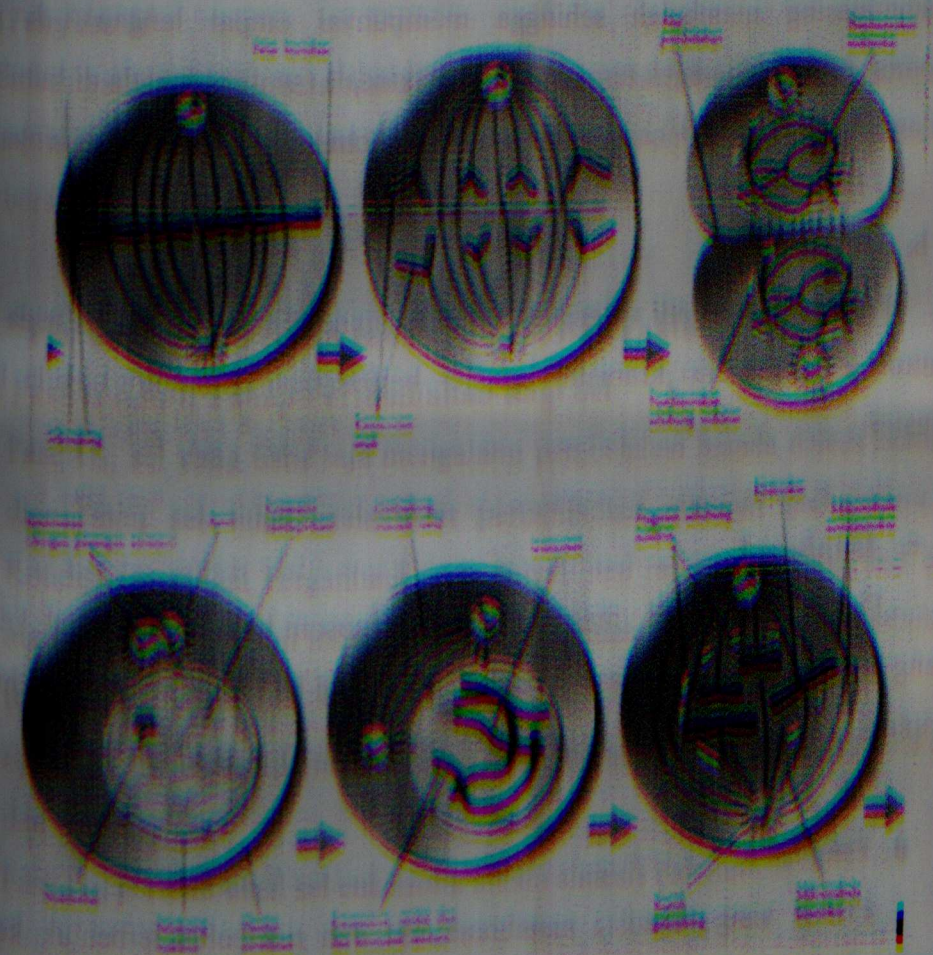
Gambar 6.5 Telofase  
<http://astriabiologi.blogspot.co.id/2013/12/pembelahan-sel.html>

### C. Meiosis

Meiosis merupakan salah satu cara sel dalam melakukan pembelahan. Ciri pembelahan secara meiosis adalah:

1. Terjadi di sel kelamin
2. Jumlah sel anaknya 4
3. Jumlah kromosom 1/2 induknya
4. Pembelahan terjadi 2 kali

Meiosis hanya terjadi pada fase reproduksi seksual atau pada jaringan nufah. Pada meiosis terjadi berpasangan dari kromosom homolog serta terjadi pengurangan jumlah kromosom induk terhadap sel anak.



Gambar 6.6 Meiosis  
<http://Hewandanternak.Blogspot.Co.Id/2014/04/Pembelahan-Sel-Secara-Amitosis-Mitosis-Dan-Meiosis.html>

### Tujuan Meiosis

- a. Mengurangi jumlah kromosom (mereduksi)
- b. Membentuk sel-sel kelamin (ovum, sperma, megaspora, mikrospora) dan spora.
- c. Reduksi bertujuan untuk membentuk hasil zygot dari pertemuan dua sel kelamin yang selalu sama dengan individu yang ada /individu sebelumnya.

### Proses Meiosis I

#### a. Profase I

Proses yang terjadi dapat dibedakan menjadi sub tahap: leptoten (kromatin berubah menjadi kromosom); zigotin (sentriol bergerak ke kutub yang berlawanan); pakiten (kromosom homolog berpasangan); pakiten (kromosom homolog berpasangan); pakiten (kromosom homolog berpasangan).



masing-masing membelah sehingga mempunyai empat lengan), di ploten (kromosom homolog agak terpisah), dan diakinesis (sentriol berada di kutub yang berlawanan, terbentuk benang gelendong, membrane inti dan nucleolus lenyap).

#### **b. Metafase I**

Proses yang terjadi : Benang- benang spindle melekatkan diri pada setiap sentromer kromosom ,kromatid berjejer berpasangan (homolog) pada bidang ekuator.

#### **c. Anaphase I**

Proses yang terjadi : masing-masing kromosom homolog bergerak ke kutub yang berlawanan. Tujuan fase ini adalah mem bagi isi kromosom diploid menjadi haploid.

#### **d. Telofase I**

Proses yang terjadi : membrane inti dan nucleolus terbentuk kembali, sedangkan benang spindle lenyap. Membran sel terbentuk sehingga sitoplasma terbelah menjadi dua (sitokinesis) membentuk dua sel anakan yang bersifat mempunyai  $\frac{1}{2}$  kromosom induk.

### **➤ Proses Meiosis II**

#### **a. Profase II**

Proses yang terjadi : membrane inti dan nucleolus lenyap. Sentriol bergerak ke kutub yang berlawanan. Sentromer terikat pada benang- benang gelendong.

#### **b. Metafase II**

Proses yang terjadi : kromatid bersejajar pada bidang ekuatornya.

#### **c. Anafase II**

Proses yang terjadi: sentromer membelah, kromatid memisah dan masing-masing bergerak ke kutub yang berlawanan.

#### **d. Telofase II**

Proses yang terjadi : membrane inti dan nucleolus terbentuk kembali, kromatid berubah menjadi kromatin. Sitokinesis terjadisehingga terbentuk empat sel anakan yang bersifat haploid.

### **8.3 Pertumbuhan: Protein Kinase, Siklin, Dan Faktor Tumbuh:**

#### **8.3.1. Fase G (gap): Tahap Pertumbuhan Bagi Sel**

- Fase  $G_0$ , sel yang baru saja mengalami pembelahan berada dalam keadaan diam atau sel tidak melakukan pertumbuhan maupun perkembangan. Kondisi ini sangat bergantung pada sinyal atau rangsangan baik dari luar atau dalam sel. Umum terjadi dan beberapa tidak melanjutkan pertumbuhan (dorman) dan mati.
- Fase  $G_1$ , sel eukariotik mendapatkan sinyal untuk tumbuh, antara sitokinesis dan sintesis.
- Fase  $G_2$ , pertumbuhan sel eukariotik antara sintesis dan mitosis.

Fase tersebut berlangsung dengan urutan  $S \geq G_2 \geq M \geq G_0 \geq G_1 \geq$  kembali ke S. Dalam konteks Mitosis, fase G dan S disebut sebagai Interfase.

### **8.4. Diferensiasi dan Keanekaragaman Sel**

#### **8.4.1 Diferensiasi**

Diferensiasi sel adalah proses pematangan suatu sel menjadi sel yang lebih spesifik dan fungsional, terletak pada posisi tertentu di dalam jaringan, dan mendukung fisiologis hewan. Misalnya, sebuah *stem cell* mampu berdiferensiasi menjadi sel kulit. Saat sebuah sel tunggal, yaitu sel yang telah dibuahi, mengalami pembelahan berulang kali dan menghasilkan pola akhir dengan keakuratan dan kompleksitas yang spektakuler, sel itu telah mengalami regenerasi dan diferensiasi. Regenerasi sel adalah prose pertumbuhan dan perkembangan sel yang bertujuan untuk mengisi ruang tertentu pada jaringan atau memperbaiki bagian yang rusak. Regenerasi dan diferensiasi sel hewan ditentukan oleh genom. Genom yang identik terdapat pada setiap sel, namun mengekspresikan set gen yang berbeda, bergantung pada jumlah gen yang diekspresikan. Misalnya, pada sel



retina mata tentu gen penyandi karakteristik penangkap cahaya terdapat dalam jumlah yang jauh lebih banyak daripada ekspresi gen indera lainnya.

#### 8.4.2 Keanekaragaman Sel

Pengekspresian gen itu sendiri mempengaruhi jumlah sel, jenis sel, interaksi sel, bahkan lokasi sel. Oleh karena itu, sel hewan memiliki 4 proses esensial pengkonstruksian embrio yang diatur oleh ekspresi gen, sebagai berikut:

- Proliferasi sel yang menghasilkan banyak sel dari satu sel.
- Spesialisasi sel yang menciptakan sel dengan karakteristik berbeda pada posisi yang berbeda.
- Interaksi sel yang mengkoordinasi perilaku sebuah sel dengan sel tetangganya.
- Pergerakan sel yang menyusun sel untuk membentuk struktur jaringan dan organ.

Pada embrio yang berkembang, keempat proses ini berlangsung bersamaan. Tidak ada badan pengatur khusus untuk proses ini. Setiap sel dari jutaan sel embrio harus membuat keputusannya masing-masing, menurut jumlah instruksi genetik dan khusus masing-masing sel, seperti sel tubuh yaitu sel otot dan saraf yang tetap mempertahankan karakteristik karena masih mengingat sinyal yang diberikan oleh nenek moyangnya saat awal perkembangan embrio.

#### A. Pilihan Ganda

1. Protein dapat dihasilkan oleh organel ....  
a. Mitokondria  
b. Ribosom  
c. Badan golgi  
d. Peroksisom  
e. Sentiol
2. Membran sel sangat penting karena alasan dibawah ini, kecuali ....  
a. Bersifat diferensial permeabel  
b. Mengendalikan pertukaran zat antara sel  
c. Menjadi pembatas antara isi sel dengan lingkungan luarnya  
d. Menjadi pembatas antara sitoplasma dan nukleoplasma  
e. Sebagai reseptor
3. Organel yang berfungsi untuk membentuk gelendong pembelahan pada hewan adalah ....  
a. Sentiol  
b. Lisosom  
c. Mikrofilamen  
d. Mikrotubulus  
e. Mitokondria
4. Organel yang berfungsi menghasilkan energi adalah ....  
a. Badan golgi  
b. Peroksisom  
c. Ribosom  
d. Mitokondria  
e. Sentiol
5. Difusi merupakan peristiwa ....  
a. Pergerakan molekul dari ruang hampa ke ruang yang berisi udara  
b. Pergerakan molekul tanpa melalui selaput permeabel  
c. Pergerakan molekul dari daerah kerapatan rendah ke daerah kerapatan tinggi  
d. Pergerakan molekul dari daerah kerapatan tinggi ke kerapatan rendah  
e. Pergerakan molekul melalui selaput permeabel
6. Organ sel yang berperan mengarahkan kromosom ke kutub pada saat pembelahan sel adalah ....  
a. Nukleolus  
b. Nukleus  
c. Badan golgi  
d. Sentiol  
e. Ribosom
7. Peristiwa mengerutnya sel pada sel tumbuhan karena air keluar dari sel disebut ....  
a. plasmolisis  
b. hemolisis  
c. krenasi  
d. hipotonik  
e. endositosis
8. Peristiwa perpindahan zat dari larutan berkerapatan rendah ke larutan berkerapatan tinggi disebut ....  
a. Isotonis  
b. Hipertonis



- c. Hipotonis
- d. Difusi
- e. Osmosis

9. Jika tekanan osmosis didalam sel hewan melebihi tekanan diluar sel, maka sel akan ...

- a. Pecah
- b. Mengerut
- c. Tidak terjadi apa-apa
- d. Isotonis
- e. Hipotonis

10. Dalam mitokondria terjadi proses....

- a. Tempat penggabungan beberapa asam amino
- b. Membentuk ARN duta
- c. Membentuk butiran yang melekat pada retikulum endoplasma
- d. Mempercepat terjadinya oksidasi
- e. Menghasilkan kode genetik

## B. Esay

1. Jelaskan apa yang anda ketahui mengenai mitosis dan urutan prosesnya!
2. Berikan contoh peristiwa difusi dan osmosis!
3. Terdapat beberapa mekanisme transportasi sel yang memungkinkan sel untuk memindahkan material ke dalam dan ke luar sel. Mekanisme transportasi apakah itu ?
4. Bagaimanakah mekanisme suatu material dapat masuk dan keluar sel?
5. Mengapa membran plasma juga perlu melakukan transport aktif?

## GLOSARIUM

**Organisme uniseluler** : Bentuk kehidupan yang hanya terdiri dari satu sel.

**Organisme multiseluler**: Organisme yang terdiri dari lebih dari satu sel berbedadengan organisme bersel tunggal, untuk membentuksebuah organisme multiselulersel=selini perlu mengidentifikasi dan menempel pada sel-sel lain



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S, dan D.S.H. Kiew: 2007. *Memory Mastery Though Mind Maps Biologi SPM*. Selangor Darul Ehsan: PNI Neuron (M) Sdn.Bhd.
- Aditya & Sumadi: 2007. *Biologi sel edisi pertama*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Arpaci, O. & S. Teker: 1997. *College Biology*. Istanbul: Surat Publishing Company.
- Audesirk, T. & G. Audesirk: 1999. *Biology: Life on Earth*. New Jersey: Prentice Hall, Inc
- A ville, Claude., Warren f. Walker., dkk. 1999. *Zoologi Umum Edisi Keenam*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Campbell, Neil a.; Jane B.Reece., dkk. 2002. *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Campbell, Neil a.; Jane B.Reece., dkk. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Enger, Eldon D. & F.C. Ross. 2000. *Concept in Biology*. New York: The McGraw-Hill Companies, inc.
- Kimbal, John W: 1983. *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lodish, H.; Berk, A.; Zipursky, S.L.; Matsudaira, P.; Baltimore, D; Darnell, J. (2000). *Molecular Cell Biology* : New York: W. H. Freeman.
- Manurung, Binari: 2014. *Biologi Umum*. Medan: FMIPA Unimed
- Sipahutar, dkk. 2005. *Biologi Sel*. Medan: FMIPA Universitas Negeri Medan.
- Sri harti, Dra. Agnes. 2013. *Biologi Medik Cetakan Pertama*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Yatim, Wildan: 1996. *Biologi Sel*. Bandung: Tarsito

